



Universidad
de Alcalá

ESCUELA DE DOCTORADO
Servicio de Estudios Oficiales de
Posgrado

DILIGENCIA DE DEPÓSITO DE TESIS.

Comprobado que el expediente académico de D./D^a _____
reúne los requisitos exigidos para la presentación de la Tesis, de acuerdo a la normativa vigente, y habiendo
presentado la misma en formato: ☐ soporte electrónico ☐ impreso en papel, para el depósito de la
misma, en el Servicio de Estudios Oficiales de Posgrado, con el nº de páginas: _____ se procede, con
fecha de hoy a registrar el depósito de la tesis.

Alcalá de Henares a _____ de _____ de 20____



Fdo. El Funcionario



Programa de Doctorado en Arquitectura

**EL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD EN EL DISEÑO
ARQUITECTÓNICO Y URBANO**

FUNDAMENTOS. TEORÍAS. PROYECCIONES

Tesis Doctoral presentada por

JON ARTETA GRISALEÑA

Directora:

MARIA ROSA CERVERA SARDÁ

Alcalá de Henares, 2017

INFORME DE VALORACION DEL DIRECTOR DE TESIS DOCTORAL

DOCTORANDO: JON ARTETA GRISALEÑA

FECHA: 29 de marzo de 2017

TÍTULO DE LA TESIS:

EL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y URBANO.

FUNDAMENTOS. TEORÍAS. PROYECCIONES

DIRECTOR: DRA. M. ROSA CERVERA SARDÁ

1. Definición de Objetivos.

La tesis presente aborda el tema de la complejidad y su impacto en la arquitectura contemporánea. Los cambios sucedidos a nivel científico y tecnológico en los últimos 65 años han ido introduciéndose en la arquitectura tanto en los conceptos como en la metodología de proyectación, herramientas digitales proyectuales y en las formas resultantes. La tesis revisa sistemáticamente los discursos arquitectónicos y urbanos surgidos desde el paradigma de la complejidad enfrentándose e integrando cuestiones científicas, tecnológicas, sociales con las específicamente arquitectónicas. El objetivo primero que tiene la tesis es la revisión organizada, cronológica y sistemática de las tendencias vinculadas a la “arquitectura de la complejidad”. Pero la tesis plantea otros objetivos esenciales como la indagación en las aportaciones y visiones plurales de las diferentes aproximaciones, algunas proviniendo de campos no arquitectónicos, para seguidamente enfrentarlas entre sí a fin de encontrar las vías de complementariedad que aporten datos para acciones futuras en la arquitectura. Es decir, más allá del puro estudio teórico-histórico de gran calidad realizado, existe el objetivo de obtener criterios razonados para abordar los problemas arquitectónicos desde enfoques que manejan datos y organizan patrones y sistemas como base de la composición presente y futura.

2. Metodología.

La metodología utilizada parte de una revisión exhaustiva de bibliografía y proyectos arquitectónicos. Dada la pluralidad disciplinar de los conocimientos que inciden el doctorando ha revisado material que corresponde no solo a teorías de arquitectura sino a teorías de los sistemas, a nivel informático y social; teorías de la complejidad, a nivel filosófico y científico-geométrico, y herramientas digitales, tanto a nivel representativo como paramétrico y generativo. La tesis va estructurándose siempre en torno a cuatro áreas: fenomenológica, discursiva-semántica, social y tectónico ambiental. Estas áreas, una vez analizadas de manera independiente se cruzan comenzando un proceso de resultados que facilitará la lectura de las aportaciones de cada tendencia y también de sus limitaciones, para finalmente hacer aportaciones derivadas de lo anterior.

Una cuestión a destacar ha sido el testimonio directo que el doctorando ha conseguido de alguno de los autores estudiados a través de entrevistas realizadas y de las contestaciones a las preguntas cuidadosamente preparadas. Estos documentos tienen un valor excepcional.

Considero que la metodología empleada es muy adecuada para la consecución de los objetivos planteados.

3. Relevancia de los resultados. Aportaciones.

Los resultados presentados en el documento de tesis son de gran relevancia en el ámbito de las teorías de la arquitectura contemporánea. Dada la contemporaneidad del tema y la pluralidad disciplinar no existe hasta esta tesis un estudio que recorra con rigor los inicios de la arquitectura sistémica, o de sistema, hasta las corrientes más actuales de arquitectura paramétrica, genética y de ciudad de modelos. Esta tesis supone una revisión completa y profunda de cierto tipo de arquitectura contemporánea, recogiendo un nuevo capítulo de la historia, pero, además, esta tesis obtiene conclusiones de los análisis rigurosos realizados en las diversas aproximaciones que desde la complejidad se realizan en arquitectura para, a través del cruce de líneas y tendencias, se encuentren los puntos de complementariedad que permitan una aplicación válida más allá de los proyectos experimentales actuales.

4. Bibliografía. Documentación.

La documentación utilizada en el trabajo de tesis es exhaustiva y muy completa, a pesar de la dificultad por la novedad del tema y la falta de material. Es destacable la consecución de escritos, en formato entrevista, de algunos de los autores estudiados.

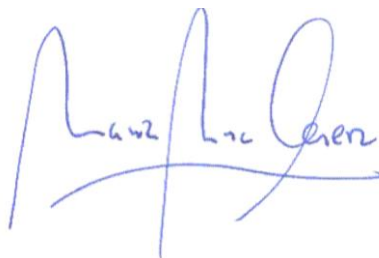
5. Aspectos formales.

La tesis se ha organizado siguiendo los modelos tradicionales de tesis doctorales. El lenguaje utilizado es de gran calidad y es capaz de expresar la complejidad de los conceptos manejados y es también capaz de hacerlo claramente con una lectura fluida y comprensible. Es de destacar la elaboración de esquemas aclaratorios que el doctorando incluye a lo largo de la tesis y que acompañan su discurso escrito.

6. Otros comentarios.

El doctorando ha realizado la tesis a tiempo parcial en un período de 5 años compaginando con trabajo profesional, parte del tiempo en Santiago de Chile. El doctorando realizó previamente al doctorado el Máster Universitario en Proyecto Avanzado de Arquitectura y Ciudad.

Por todo lo expuesto, mi valoración es FAVORABLE-POSITIVA para proceder a su lectura, de lo cual informo a la Comisión Académica del Programa de Doctorado en Arquitectura de la UAH.



Fdo.: Dra María Rosa Cervera Sardá



Universidad
de Alcalá

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ. PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD

Dr. Gonzalo Barluenga Badiola, Coordinador de la Comisión Académica del Programa de Doctorado en Arquitectura

INFORMA que la Tesis Doctoral titulada EL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y URBANO. FUNDAMENTOS, TEORÍAS, PROYECCIONES, presentada por D/D^a JON ARTETA GRISALEÑA, bajo la dirección de la Dra. ROSA CERVERA SARDÁ, reúne los requisitos científicos de originalidad y rigor metodológicos para ser defendida ante un tribunal. Esta Comisión ha tenido también en cuenta la evaluación positiva anual del doctorando, habiendo obtenido las correspondientes competencias establecidas en el Programa.

Para que así conste y surta los efectos oportunos, se firma el presente informe en Alcalá de Henares a 18 de abril de 2017

Por Delegación del Consejo de Regencia
Gonzalo Barluenga Badiola

Fdo.: Gonzalo Barluenga Badiola



Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecerle a Rosa Cervera la inestimable ayuda brindada durante el desarrollo de la tesis, tanto a nivel académico, con comentarios y apuntes clave para el correcto desarrollo de la investigación, como a nivel personal, ofreciéndome siempre el apoyo y los ánimos necesarios para sacar adelante este proyecto.

Gracias también a todos aquellos autores que han compartido conmigo parte de su tiempo y su conocimiento a través de diferentes entrevistas, destacando a personalidades como Nikos Salingaros, Michael Mehaffy, Andres Duany, Charles Jencks, Michael Batty, Sean Hanna y Alberto Estévez. Gracias a todos ellos por su disposición y cercanía, y por compartir conmigo su pasión por los temas relacionados con la arquitectura y la ciudad. Sus textos y opiniones han sido sin duda una motivación y un apoyo clave para el desarrollo de esta tesis.

Gracias a Diego Moya, Alvaro Ascoz y Viraj Pardesi, por las conversaciones y debates mantenidos a lo largo de estos años, y por su apoyo como colegas y amigos. Mis agradecimientos también a Leandro O`Flaherty por sus consejos y comentarios, y a Sebastian Cerda, por ayudarme a compatibilizar la tarea investigadora con el ejercicio de la práctica profesional.

Por último dar las gracias especialmente a mi familia y a Carola, por su apoyo incondicional, por estar siempre cerca de mí contagiándome su ilusión y optimismo.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN: FUNDAMENTOS, OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	1
--	---

PARTE I

MARCO HISTÓRICO Y CONCEPTUAL PARA EL ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

INTRODUCCIÓN PARTE I.....	12
CAPÍTULO 1_ CONTEXTO ARQUITECTÓNICO.....	15
CAPÍTULO 2_ EL “PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD” EN CIENCIA Y FILOSOFÍA.....	50
CAPÍTULO 3_ HERRAMIENTAS Y MÉTODOS DE DISEÑO DIGITAL.....	92

PARTE II

VÍAS DE INVESTIGACIÓN EN LA ARQUITECTURA COMPLEJA

INTRODUCCIÓN PARTE II.....	126
CAPÍTULO 5_ ESTRATEGIAS SEMÁNTICAS.....	130
CAPÍTULO 5_ ESTRATEGIAS SEMÁNTICAS.....	175
CAPÍTULO 6_ ESTRATEGIAS SOCIALES.....	219
CAPITULO 7_ ESTRATEGIAS TECTÓNICO-AMBIENTALES.....	277

PARTE III

HACIA UNA VISIÓN INTEGRADA DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

INTRODUCCIÓN PARTE III.....	315
CAPÍTULO 8_ HACIA UNA VISIÓN INTEGRADA DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA.....	318

CONCLUSIONES.....	350
--------------------------	------------

ANEXO: ENTREVISTAS.....	359
--------------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA.....	392
--------------------------	------------

..

INDICE DESGLOSADO

0 INTRODUCCIÓN: FUNDAMENTOS, OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA TESIS	1
0.1_ El “Paradigma de la Complejidad” y su influencia en el campo de la arquitectura	2
0.2_ Hacia una “Arquitectura de la Complejidad”	3
0.3_ La “Arquitectura de la Complejidad” en el contexto contemporáneo. Diagnóstico crítico, vías de acción y objetivos generales de la tesis.	5
0.4_ Trabajos previos en el ámbito de la “Arquitectura de la Complejidad”	8
0.5_ Estructura de la Tesis	9

PARTE I

MARCO HISTÓRICO Y CONCEPTUAL PARA EL ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

INTRODUCCIÓN PARTE I:	12
------------------------------	-----------

CAPÍTULO 1_CONTEXTO ARQUITECTÓNICO	15
---	-----------

1.0 INTRODUCCIÓN	15
-------------------------	-----------

1.0.1_ Contexto Temporal.....	15
1.0.2_ Las Vertientes del Contexto Arquitectónico: Principios y Fundamentos	16

1.1 VERTIENTE FENOMENOLÓGICA	20
-------------------------------------	-----------

1.1.1_ Fundamentos: La fenomenología y la dimensión perceptiva de la arquitectura	20
1.1.2_ Antecedentes: la deshumanización de la arquitectura y el urbanismo moderno	21
1.1.3_ Propuestas: K.Lynch, Norberg-Schulz, C.Alexander	22
1.1.4_ Comentarios y conclusiones	25

1.2 VERTIENTE SEMÁNTICA	26
--------------------------------	-----------

1.2.1_ Fundamentos: La dimensión semántica y la arquitectura como lenguaje	26
1.2.2_ Antecedentes: La crítica semiológica de los años 60	26
1.2.3_ Propuestas: Robert Venturi y Peter Eisenman	27
1.2.4_ Comentarios y conclusiones	31

1.3 VERTIENTE SOCIAL 32

1.3.1_Fundamentos: La influencia de la arquitectura sobre el comportamiento social	32
1.3.2_Antecedentes: la visión mecanicista del funcionamiento arquitectónico y urbano	33
1.3.3_Propuestas: megaestructuras, J.Jacobs, planificación sistémica, B.Hillier	33
1.3.4_Comentarios y conclusiones	38

1.4 VERTIENTE TECTÓNICO-AMBIENTAL 39

1.4.1_Fundamentos: La influencia de la arquitectura sobre el entorno físico	39
1.4.2_Antecedentes: Industrialización y estandarización en la arquitectura moderna	39
1.4.3_Propuestas: R.B.Fuller y Frei Otto	41
1.4.4_Comentarios y conclusiones	44

1.5 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES 45

EXCURSUS: Comparación entre las funciones de la arquitectura propuestas en la presente tesis y las planteadas en la obra "The Autopoiesis of Architecture" de Patrik Schumacher.	46
--	----

CAPÍTULO 2_ EL "PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD" EN CIENCIA Y FILOSOFÍA 50

2.0 INTRODUCCIÓN 50

2.0.1_Antecedentes	51
2.0.2_El concepto de "Sistema"	51
2.0.3_El "Paradigma de la Complejidad"	55
EXCURSUS: Comentarios sobre el libro "Sistemas Arquitectónicos Contemporáneos" de Josep María Montaner	56
2.0.4_"Teorías de la Complejidad" . Hacia una visión conjunta de la Ciencia y la Filosofía de la Complejidad.....	58
2.0.5_Las Vertientes del Paradigma de la Complejidad	59

2.1 EL ENFOQUE SISTÉMICO 61

2.1.1_Cibernética	61
2.1.2_Teoría General de Sistemas (TGS)	63
2.1.3_Dinámica de Sistemas (DS)	65
2.1.4_Teoría de la Autopoiesis	67
2.1.5_La Teoría de la Sociedad de Niklas Luhmann	68
2.1.6_Formalismos Sistémicos: Teoría de Grafos / Teoría de Redes	70

2.2 EL ENFOQUE COMPLEJO 73

2.2.1_Teorías del Caos	74
2.2.2_Teoría de las Estructuras Disipativas . Sistemas Alejados del Equilibrio	75
2.2.3_Criticalidad Autoorganizada y Teoría de Catástrofes	77
2.2.4_Formalismos Complejos: Autómatas, Agentes, Fractales, LSystems	78
2.2.5_La Lógica Sintética de Manuel De Landa	82
2.2.6_El Pensamiento Complejo de Edgar Morin	85

2.3 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES 88

CAPÍTULO 3_ HERRAMIENTAS DIGITALES 92

3.0 INTRODUCCIÓN 92

3.0.1_ Contexto Histórico.....	92
3.0.2_ Digitalidad y Arquitectura en el Contexto Contemporáneo.....	104
3.0.3_ Estrategias y Métodos de Diseño Digital. Taxonomía y fundamentos básicos.....	107

3.1 MÉTODOS REPRESENTACIONALES 109

3.1.1_ Definición y fundamentos.....	109
3.1.2_ El paso de la lógica representacional a la lógica algorítmica	110

3.2 MÉTODOS PARAMÉTRICOS 112

3.2.1_ Definición y fundamentos.....	112
3.2.2_ Las herramientas paramétricas y el diseño “performativo”.....	114
3.2.3_ Las herramientas paramétricas y el diseño “interactivo”	115

3.3 MÉTODOS GENERATIVOS 117

3.3.1_ Definición y fundamentos.....	117
3.3.2_ Algoritmos Generativos orientados a procesos	119
3.3.3_ Algoritmos Generativos orientados a fines (optimización).....	120

3.4 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES 122

PARTE II **VÍAS DE INVESTIGACIÓN EN LA ARQUITECTURA COMPLEJA**

INTRODUCCIÓN PARTE II: 126

CAPITULO 4_ ESTRATEGIAS FENOMENOLÓGICAS 130

4.1 PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO GENERAL 130

4.1.1_ Introducción a las Estrategias Fenomenológicas. Fundamentos y autores de referencia	130
4.1.2_ Principios Generales:	131
4.1.3_ Posicionamiento Histórico: Revisión de la historia en base al concepto de “Complejidad Organizada”. Crítica al Movimiento Moderno y la Desconstrucción.	132

4.2 POSICIONAMIENTO FRENTE AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD:	134
4.2.1_Las Estrategias fenomenológicas y su aproximación al paradigma de la complejidad	134
4.2.2_El nuevo paradigma de Alexander: una teoría alternativa sobre los principios de la complejidad.....	135
4.2.3_”La relevancia científica de la arquitectura”	137
4.3 POSICIONAMIENTO FRENTE A LAS HERRAMIENTAS DIGITALES	138
4.3.1_La computación como herramienta para la reflexión teórica	138
4.3.2_Potencialidades y carencias de la computación actual según Alexander y Salingeros	138
4.4 LA PROPUESTA DE CHRISTOPHER ALEXANDER	140
4.4.1_Introducción.....	140
4.4.2_Conceptos clave en la propuesta de Christopher Alexander.....	142
4.4.3_Casos de Estudio:	154
4.4.4_Valoración Crítica.....	158
4.5 LA PROPUESTA DE NIKOS SALINGAROS	162
4.5.1_Introducción.....	162
4.5.2_Conceptos clave en la propuesta de Salingeros.....	162
4.5.3_Valoración Crítica.....	171
4.6 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	172
CAPÍTULO 5_ESTRATEGIAS SEMÁNTICAS	175
5.1 PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO	175
5.1.1_Introducción a las Estrategias Semánticas. Fundamentos y autores de referencia	175
5.1.2_Principios generales:.....	177
5.1.3_Posicionamiento histórico	179
5.2 POSICIONAMIENTO FRENTE AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD	183
5.2.1_C. Jencks: la complejidad como tema para la comunicación arquitectónica.....	183
5.2.2_P.Schumacher: Autopoiesis y Sistemas Arquitectónicos	185
5.3 INTERPRETACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DIGITALES	187
5.3.1_Jencks y la defensa del nuevo contexto digital.....	187
5.3.2_Schumacher y las herramientas de diseño paramétrico.....	188
5.4 LA PROPUESTA DE PATRIK SCHUMACHER	191
5.4.1_Introducción.....	191
5.4.2_Conceptos clave en la propuesta de P. Schumacher.....	193
5.4.3_Casos de estudio	195
5.4.4_Valoración crítica.....	200

5.5 LA PROPUESTA DE CHARLES JENCKS **203**

5.5.1_Introducción.....	203
5.5.2_Conceptos clave en la propuesta de Charles Jencks.....	204
5.5.3_Casos de estudio:	205
5.5.5_Valoración crítica.....	214

5.6 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS **216**

CAPITULO 6_ ESTRATEGIAS SOCIALES **219**

6.1 PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO GENERAL **219**

6.1.1_Introducción a las Estrategias Sociales. Fundamentos y autores de referencia	219
6.1.2_Principios generales	220
6.1.3_Perspectiva Histórica	225

6.2 POSICIONAMIENTO FRENTE AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD **227**

6.2.1_Vinculaciones entre la Ciudad y las diferentes Teorías de la Complejidad.....	227
6.2.2_La Ciudad Sistémica y la Ciudad Compleja.....	227
6.2.3_Hacia una ciencia propiamente arquitectónica/urbana. Trascendiendo las analogías biológicas	228

6.3 POSICIONAMIENTO FRENTE A LAS HERRAMIENTAS DIGITALES **231**

6.3.1_La importancia de las Herramientas Digitales en el desarrollo de las Estrategias Sociales	231
6.3.2_Evolución en la Simulación de los Fenómenos Socio-espaciales	232
6.3.3_Diversidad de Herramientas y Software	233
6.3.4_La Simulación Digital, al servicio de la ciencia urbana	234

6.4 LA SINTAXIS ESPACIAL. BILL HILLIER Y EL GRUPO SPACE SYNTAX **235**

6.4.1_Introducción.....	235
6.4.2_Conceptos clave de la Sintaxis Espacial	236
6.4.3_Casos de estudio	248
6.4.4_Valoración crítica.....	254

6.5 LA NUEVA CIENCIA DE LA CIUDAD DE M. BATTY Y CASA **258**

6.5.1_Introducción.....	258
6.5.2_Conceptos clave de la “Nueva Ciencia de la Ciudad”	259
6.5.3_Valoración Crítica al trabajo de M. Batty y el grupo CASA.....	273

6.6 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS **275**

7.1 PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO GENERAL 277

7.1.1_Introducción a las estrategias Tectónico-Ambientales. Fundamentos y autores de referencia	277
7.1.2_Principios generales	278
7.1.3_Posicionamiento Histórico:.....	280

7.2 POSICIONAMIENTO FRENTE AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD 282

7.2.1_Hacia un "Paradigma Biológico" en arquitectura	282
7.2.2_Tres maneras de enfocar las Estrategias Materiales:	282
Estrategias Sistémicas, Complejas y Mixtas	282

7.3 POSICIONAMIENTO FRENTE A LAS HERRAMIENTAS DIGITALES 284

7.3.1_Simulando los procesos morfogénéticos de la naturaleza	284
7.3.2_Tecnología digital y nuevos métodos de fabricación en arquitectura	285

7.4 ESTRATEGIAS MATERIALES SISTÉMICAS: LA PROPUESTA DEL GRUPO "AA EMERGENT TECHNOLOGIES" (EmTech) 290

7.4.1_Introducción: Las estrategias materiales sistémicas y el grupo AA EmTech	290
7.4.2_Conceptos clave de la propuesta del AA EmTech.....	290
7.4.3_Casos de estudio	292

7.5 ESTRATEGIAS MATERIALES COMPLEJAS: LA PROPUESTA DEL GRUPO KOKKUGIA 297

7.5.1_Introducción: Las estrategias materiales complejas y el grupo "Kokkugia"	297
7.4.2_Conceptos clave en la propuesta de Kokkugia.....	297
7.5.2_Casos de estudio	298

7.6 ESTRATEGIAS MATERIALES MIXTAS 303

7.6.1_Introducción: Las Estrategias materiales Mixtas y los algoritmos de optimización	303
7.6.2_Casos de estudio:	304

7.7 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS 310

PARTE III
HACIA UNA VISIÓN INTEGRADA DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

INTRODUCCIÓN PARTE III: **315**

CAPITULO 8_ HACIA UNA VISIÓN INTEGRADA DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA **318**

8.1_ Estrategias Fenomenológicas – Estrategias Semánticas.....	318
8.2_ Estrategias Fenomenológicas – Estrategias Sociales.....	322
8.3_ Estrategias Fenomenológicas – Estrategias Tectónico-ambientales.....	327
8.4_ Estrategias Semánticas – Estrategias Sociales.....	331
8.5_ Estrategias Semánticas – Estrategias Tectónico- ambientales.....	335
8.6_ Estrategias Sociales – Estrategias Tectónico- ambientales.....	340
8.7_ Conclusiones y lineamientos generales en el campo de la arquitectura compleja.....	344

CAPÍTULO 9_ CONCLUSIONES **350**

ANEXO I: ENTREVISTAS **359**

- Entrevista a Nikos A. Salingaros.....	360
- Entrevista a Michael W. Mehaffy.....	365
- Entrevista a Andres Duany	369
- Entrevista a Charles Jencks.....	374
- Entrevista a Michael Batty.....	380
- Entrevista a Sean Hanna	384
- Entrevista a Alberto T. Estévez.....	388

BLIOGRAFÍA **392**

0_INTRODUCCIÓN: FUNDAMENTOS, OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA TESIS

“¿Por qué las ciudades no se han identificado, comprendido y tratado desde hace tiempo como problemas de complejidad organizada? Si la gente que está involucrada en las ciencias de la vida fue capaz de identificar sus problemas difíciles como problemas de complejidad organizada, ¿por qué los que están profesionalmente involucrados con las ciudades no han sido capaces de identificar la clase de problemas que ellos afrontan?”

Jane Jacobs (Jacobs, 1961; 434)

Esta frase de Jane Jacobs reflejará el surgimiento de un programa de investigación global en el campo del diseño arquitectónico y urbano, una búsqueda que inspirará muchas de las propuestas y métodos presentes actualmente en nuestra disciplina. Pero ¿en qué consiste exactamente el concepto de “Complejidad Organizada”? ¿Cuáles son sus leyes y principios? ¿Qué implicaciones tiene para la arquitectura? ¿Cuáles son los principales discursos arquitectónicos (y urbanos) surgidos de esta búsqueda? ¿Cuál es su aporte al desarrollo actual de la disciplina?

La presente tesis tratará de dar respuestas a estas y otras preguntas relacionadas con el “paradigma de la complejidad (organizada) en arquitectura”, desvelando así los fundamentos, teorías y proyecciones asociados a un campo de búsqueda fundamental en el ámbito de la investigación arquitectónica y urbana, pero que sin embargo carece de un relato global y coherente que posibilite su comprensión y consideración por parte de la gran mayoría de la profesión. El objetivo del presente trabajo consistirá pues en dar coherencia, claridad y visibilidad a este proceso de búsqueda, ofreciendo una estructura de análisis clara y concisa que permitirá estudiar la repercusión pasada, presente y futura de este “paradigma de la complejidad en el diseño arquitectónico y urbano”.

Durante la segunda mitad del s. XX y comienzos del S. XXI la arquitectura encontrará en las “teorías de la complejidad” una fuente de inspiración fundamental para promover la innovación y la investigación en el seno de la disciplina. El conjunto de teorías y propuestas surgidas de esta búsqueda conformarán el denominado “paradigma de la complejidad en el diseño arquitectónico y urbano”¹, en lo que será un nuevo escenario para la investigación y el progreso de la disciplina. El propósito de la presente tesis consistirá precisamente en analizar y describir este escenario, lo cual

¹ El físico, historiador y filósofo norteamericano Thomas Kuhn define el concepto de paradigma como “una constelación de logros –conceptos, valores, técnicas, etc. compartidos por una comunidad científica y usados por ésta para definir problemas y soluciones legítimas” (Kuhn, 2010). Este concepto puede trasladarse al campo de la arquitectura, con ciertas matizaciones que se explicarán a lo largo de la tesis.

implicará estudiar de sus principales fundamentos teóricos, su contexto histórico, sus principales tendencias y manifestaciones, así como sus posibles aportaciones al futuro desarrollo de la disciplina arquitectónica y urbana.

Para poder comprender adecuadamente el espíritu y alcance de este estudio será necesario introducir previamente algunos conceptos clave entorno a la idea de “complejidad” y de “arquitectura compleja”:

0.1 El “Paradigma de la Complejidad” y su influencia en el campo de la arquitectura

El “paradigma de la complejidad” puede definirse como un conjunto de teorías científicas y filosóficas que surgen a partir de la década de 1950 y que se presentan como una alternativa al pensamiento cartesiano y mecanicista típico de la tradición occidental (atacando muchos de sus principios básicos, tales como el reduccionismo, el esencialismo, etc.), proponiendo una nueva manera de ver y estudiar el mundo, una nueva cosmología. Para poder abordar el estudio de la realidad bajo este prisma, las teorías de la complejidad propondrán un marco conceptual y metodológico propio, dando lugar a un nuevo campo de acción para la investigación y el avance del conocimiento.

Las teorías que conforman el “paradigma de la complejidad” son múltiples y muy diversas, destacando propuestas como la “Teoría General de Sistemas” de L.von Bertalanffy, la “Teoría de las Estructuras Disipativas” de I. Prigogine, las “Teorías del Caos” de E.Lorenz y la “Teoría de Catástrofes” de R. Thom, la “Autopoiesis” de F.Varela y H.Maturana, el “Pensamiento Complejo” de E. Morin, etc. Más adelante explicaremos con detalle cuáles son todas estas teorías y en qué consisten, pero por el momento bastará con saber que nos encontramos ante un conjunto de teorías amplio y transversal, un conjunto heterogéneo y abierto a múltiples ámbitos de aplicación.

Uno de estos ámbitos será el campo del diseño arquitectónico y urbano, que encontrará en las teorías del “paradigma de la complejidad” un referente fundamental para superar el pensamiento simplificador y mecanicista propio del Movimiento Moderno. Aunque de una manera todavía precaria y altamente intuitiva, algunos autores de comienzos de los 60 como J. Jacobs o C. Alexander recurrirán al paradigma científico de la complejidad como recurso para atacar y rebatir los principios de la Carta de Atenas, dando inicio a un programa de investigación que se extenderá y evolucionará hasta nuestros días.

0.2 Hacia una “Arquitectura de la Complejidad”

Emplearemos el término “arquitectura de la complejidad” o “arquitectura compleja” para referirnos a todas aquellas propuestas que adoptan o incorporan explícitamente conceptos y/o métodos procedentes del “paradigma de la complejidad” como medio para avanzar e innovar en el diseño arquitectónico y urbano.

Esto limitará notablemente el campo de estudio, ya que excluye cualquier propuesta previa a la aparición del paradigma de la complejidad, que tal y como indicábamos anteriormente se desarrolla a partir de mediados del s.XX. Esto no quiere decir, sin embargo, que todas las arquitecturas previas sean no-complejas o carentes de complejidad. De hecho, algunos de los ejemplos más claros de complejidad organizada y de autoorganización proceden de la arquitectura vernácula y tradicional, tal y como veremos más adelante. Así pues, podemos decir que la arquitectura compleja ha existido siempre, aunque durante muchos años ha estado guiada principalmente por decisiones de carácter espontáneo e intuitivo. Sólo a partir de la segunda mitad del s. XX se ha podido comprender y analizar formalmente la complejidad arquitectónica, gracias al desarrollo de las nuevas herramientas científicas y digitales. Nos encontramos, por lo tanto, ante una nueva etapa, ante una “Arquitectura Compleja 2.0” que se beneficia directamente del paradigma de la complejidad y de las herramientas digitales para plantear nuevas vías de investigación en el ámbito arquitectónico y urbano. Así, los discursos de esta arquitectura 2.0 serán capaces de integrar y reinterpretar las arquitecturas complejas del pasado, planteando al mismo tiempo ideas y propuestas destinadas a guiar la arquitectura del futuro.

En cualquier caso, cabe señalar que la “arquitectura compleja” a la que hacemos referencia no se corresponde con ningún movimiento explícitamente formulado o identificable en sí mismo dentro de la historia de la arquitectura contemporánea, sino que se trata, más bien, de una suma de experiencias diversas y heterogéneas, un conjunto de propuestas sin un programa u hoja de ruta común, pero que sin embargo, desde la perspectiva actual, pueden interpretarse como un proceso de investigación coherente, al compartir gran parte de su universo conceptual, así como herramientas y propósitos comunes.

En realidad no existirá una visión global sobre la “arquitectura de la complejidad” hasta mediados de los años 90, cuando Charles Jencks publica la obra titulada *“The Architecture of the Jumping Universe. A Polemic: How Complexity Science is Changing Architecture and Culture”* (1995). Jencks será uno de los primeros en hablar explícitamente del “paradigma de la complejidad en arquitectura”, aglutinando bajo una misma lógica discursiva teorías y tendencias hasta el momento dispersas. A través de esta obra, el crítico estadounidense tratará de dar coherencia y visibilidad a un proceso de búsqueda que venía produciéndose ya de manera tentativa desde comienzos de la década de 1960, aunque de un modo todavía difuso y carente de una consciencia global. Autores como el arquitecto catalán Miquel Lacasta,

autor de la tesis doctoral *“Geometría y Complejidad. La irrupción de un paradigma entre 1960 y 1973”*, reforzarán esta reinterpretación de la historia, destacando el papel fundamental que tuvieron las propuestas de los 60 y los 70 en la creación del escenario y los ingredientes necesarios para la gestación de una “arquitectura de la complejidad”.

Tal y como se puede comprobar, la génesis y el desarrollo de la arquitectura compleja (en su versión 2.0) es un proceso lento y heterogéneo, un proceso con luces y sombras guiado por autores influyentes pero también por numerosos protagonistas que, desde una posición menos visible, permitirán que esta investigación siga desarrollándose y evolucionando hasta nuestros días. Evidentemente la obra de Jencks constituirá uno de los episodios más mediáticos en el desarrollo de este campo, aunque por supuesto no será la única propuesta. De hecho el libro de Jencks es, tal y como se avanzaba en el propio título de la obra, un texto polémico, una obra que abre las puertas al debate y al surgimiento de discursos alternativos que proponen otras maneras de entender la relación entre la arquitectura y las teorías de la complejidad.

A este contexto de inquietud intelectual deberemos sumarle la revolución en el ámbito de las herramientas digitales, que servirán de catalizador tanto para la arquitectura (posibilitando la implementación de nuevas estrategias y métodos de diseño), como para la disciplina científica (permitiendo la manipulación de algoritmos y formalismos asociados a las ciencias de la complejidad). La incorporación de las herramientas digitales constituirá un punto de inflexión en el desarrollo del nuevo paradigma, al posibilitar el desarrollo práctico y metodológico de muchas de las formulaciones y especulaciones surgidas a nivel teórico.

Este es el marco en el que se configura y desarrolla el proceso de búsqueda compartida conocido como “arquitectura de la complejidad”, una empresa colectiva de gran amplitud y diversidad cuyos principales protagonistas y principios se convertirán en el foco de estudio de la presente tesis.

Antes de concluir será necesario hacer una puntualización más, relacionada en este caso con la escala de trabajo propia de la arquitectura compleja. Tal y como se verá a lo largo de la tesis, la mayoría de las propuestas relacionadas con la arquitectura compleja tienden a trascender o diluir los límites entre las diferentes escalas, abordando los problemas arquitectónicos y urbanos bajo una misma lógica. Así pues, aunque a partir de ahora utilicemos el término de “arquitectura compleja”, nos estaremos refiriendo siempre a un ámbito de estudio multiescalar o “trans-escalar” que abrazará tanto la arquitectura como el urbanismo.

0.3 La “Arquitectura de la Complejidad” en el contexto contemporáneo. Diagnóstico crítico, vías de acción y objetivos generales de la tesis.

En el contexto arquitectónico contemporáneo conviven estilos y planteamientos sumamente diversos, y por lo tanto no es posible identificar ningún paradigma claramente predominante. Así pues, debemos considerar el paradigma de la complejidad como una más de estas tendencias, como una manera particular de enfocar el diseño arquitectónico y urbano. En cualquier caso, nos encontramos ante un enfoque relativamente omnipresente y cada vez más relevante en casi todos los ámbitos de la disciplina: en el campo académico, con la incorporación de asignaturas y vías de trabajo relacionadas con la arquitectura compleja en la mayoría de universidades y centros de investigación; en el ámbito profesional, con la creciente realización de obras por parte de los abanderados de la arquitectura compleja y sus equipos; y también en el ámbito de la teoría y la crítica, siendo habitual la publicación de textos y artículos relacionados con esta temática, así como la utilización masiva de conceptos vinculados a la misma, tales como sistema, emergencia, autoorganización, agencia, etc. En definitiva, nos encontramos ante una vía de trabajo dispersa pero al mismo tiempo muy presente en el contexto arquitectónico contemporáneo, un paradigma que se extiende como una red que conecta e invade los diferentes ámbitos de la disciplina.

Sin embargo, a pesar de contar con una relevancia y una trayectoria considerables, todavía resulta difícil explicar en qué consiste la “arquitectura compleja”. A día de hoy todavía sigue siendo un término ambiguo, oscuro. No existe un estudio general que hable del sobre el alcance de la arquitectura compleja, ni un mapeo que dé cuenta de toda su amplitud y variedad, más allá de posturas individualistas o monográficas. No existe un marco global capaz de describir y organizar adecuadamente este ámbito de trabajo, ni una base conceptual sólida que lo pueda sustentar. Nos encontramos pues ante un escenario volátil, falto de estructura. A continuación describiremos algunas de las causas de esta situación, así como las actitudes necesarias para superarlas:

Dificultad conceptual y terminológica

El hecho de importar términos y conceptos procedentes de otras disciplinas siempre implica una cierta dificultad, y más aún cuando se trata de incorporar principios como los contenidos en las teorías de la complejidad, que tienden a escapar de la lógica cartesiana a la que estamos acostumbrados. Algo similar, aunque en menor medida, ocurrirá también al hablar de las herramientas y recursos digitales, de marcado carácter científico- técnico. Esto no impide que dicha terminología inunde la literatura arquitectónica actual, aunque en muchos casos se utilice de manera ambigua y poco rigurosa. De hecho, es habitual que los arquitectos se aproximen a estos conceptos leyendo las propuestas de otros arquitectos, lo cual puede/tiende a

provocar un claro peligro de degradación terminológica: cada autor, al exponer sus propias teorías e interpretaciones, tenderá a manipular los conceptos y a dotarlos de sesgos y matices que finalmente distorsionan la acepción original. Para realizar un estudio serio de la arquitectura compleja será necesario detectar cuáles son los matices aportados por cada autor y cuánto se desvía de los conceptos originales, lo cual implicará recurrir a las fuentes, a los textos técnicos y científicos. Así pues, uno de los objetivos de la tesis consistirá en establecer un marco conceptual claro y operativo que permita abordar el estudio de la complejidad y su influencia en la arquitectura de un modo lo más riguroso y específico posible.

Dificultad Bibliográfica

La cantidad de libros y artículos relacionados con la arquitectura compleja evidentemente es inabarcable, aunque sí parece posible hacer un mapeo representativo del contexto actual a partir de un número más limitado de obras y autores, como los seleccionados en la presente tesis. En cualquier caso, esta bibliografía seguirá siendo excesivamente extensa para cualquier arquitecto que, sin ser investigador o especialista, se interese por el tema. Por poner un ejemplo, solamente la obra principal de Christopher Alexander, *“The Nature of Order”*, consta de cuatro libros de aproximadamente 400 páginas cada uno, mientras que la obra central de Patrik Schumacher, otro de los autores fundamentales, constará de dos tomos con más de 1.200 páginas. Uno de los principales deseos del autor es que la presente tesis sirva como un documento didáctico y divulgativo, que ayude a otros autores a introducirse en el tema de la arquitectura compleja. Es por ello que uno de los trabajos de la tesis consistirá en resumir y sintetizar lo más posible la información contenida en la bibliografía tratando siempre de mantener y transmitir la riqueza, la complejidad y la esencia de sus fuentes.

“Caos” discursivo: ausencia de discursos integradores

Dentro de la denominada “arquitectura de la complejidad” existen discursos muy diversos, en algunas ocasiones incluso aparentemente enfrentados entre sí, delineando un escenario global de aparente dispersión y desorden. Así es como se manifiesta al menos en la mayoría de textos y publicaciones, más partidarios de la crónica y la promoción mediática que del análisis crítico. Esta apuesta por el impacto mediático, potenciará aún más la idea de caos, siempre bajo la premisa de no cohibir al lector con discursos predeterminados y fomentar su creatividad y su libre capacidad de asociación. Estos trabajos tienden a asumir la dispersión como una condición inherente a la arquitectura contemporánea, como una característica estructural del contexto actual. Es como si la arquitectura de la complejidad estuviese condenada, por su propia naturaleza, a vagar en el campo del caos, la incertidumbre y la dispersión. En el presente trabajo se reivindicará la necesidad de buscar ciertos puntos de confluencia, de coherencia y de orden dentro de la arquitectura de la complejidad, a fin

de lograr un escenario más comprensible y operativo para la práctica arquitectónica. La presente tesis no busca condenar o criticar estas aproximaciones a la complejidad arquitectónica como fenómeno revolucionario o caótico, sino reivindicar la necesidad de complementarlas con nuevas posturas más comprometidas con el análisis crítico, con la misión de interpretar, de contextualizar, de desvelar orígenes, relaciones, significados y esencias (Montaner, 1999; 11).

Esto implicará, por una parte, trazar un relato coherente en el ámbito temporal, es decir, reconstruir la historia evolutiva de la "arquitectura compleja" desvelando las relaciones e influencias existentes entre diferentes propuestas arquitectónicas de la historia reciente. Asimismo, se tratará de tender puentes entre diferentes vertientes discursivas, entre diferentes tendencias y vías de investigación que, pese a su aparente distancia, poseen planteamientos y metodologías complementarias.

Fraccionamiento y enfoque cartesiano en la investigación arquitectónica

La escasez de enfoques holísticos en el ámbito de la arquitectura compleja puede interpretarse también como un reflejo de la estructura cada vez más fraccionada y especializada que caracteriza a la mayoría de universidades y centros de investigación. La actual estructura docente manifiesta una filosofía cartesiana, tendente a la subdivisión y la compartimentación del saber, que si bien ayuda al progreso de la disciplina también tiende a reprimir uno de los rasgos más singulares de la arquitectura: su carácter generalista.

En la presente tesis trataremos de revertir esta tendencia aplicando un doble proceso de integración: una integración interdisciplinar, importando ideas y conceptos procedentes de otras disciplinas como la ciencia, la filosofía y la tecnología digital, y una integración intradisciplinar, combinando en un mismo trabajo enfoques propios de diferentes áreas o departamentos: estética y composición, urbanismo, tecnología/construcción, etc.

En definitiva, podemos decir que el estudio de la arquitectura compleja se muestra todavía excesivamente disgregado, dividido, incapaz poner en práctica esa visión holística que tanto proclama en sus bases teóricas.

Hacia un enfoque holístico de la "Arquitectura Compleja"

Uno de los principios básicos de la sistémica y la complejidad es la visión holística, es decir, la reivindicación de una observación global e integradora de la realidad. Morín advierte de la ceguera que provoca estudio aislado de los problemas y la incapacidad que ello genera a la hora de comprender la verdadera complejidad de

los fenómenos que nos rodean². Frente a la clausura y la especialización, la complejidad reclama un enfoque mucho más multidisciplinar, abierto e integrador.

La presente tesis, al integrar arquitectura, ciencia y tecnología bajo un mismo discurso, buscará potenciar esta visión holística, este compromiso con el “pensamiento complejo”. Se buscará romper las tradicionales barreras y límites existentes dentro de la propia disciplina para generar una tesis más abierta y generalista, una tesis amplia pero a la vez enfocada y concreta.

0.4 Trabajos previos en el ámbito de la “Arquitectura de la Complejidad”

La presente tesis no es la primera ni la única en enfrentarse a los retos planteados por la arquitectura compleja, y de hecho existen varias tesis doctorales previas dedicadas a este tema, aunque con enfoques diferentes. Los trabajos más relevantes en este ámbito corresponderán a dos arquitectos españoles: Antonio Carlos D. Grillo, doctorado por la UPC (Universitat Politècnica de Catalunya), con el trabajo “La arquitectura y la naturaleza compleja: arquitectura, ciencia y mimesis a finales del siglo XX” (Grillo, 2005), y Miquel Lacasta Codorniu, ex-alumno del grupo “Arquitecturas Genéticas” de la UIC (Universitat Internacional de Catalunya), y doctorado por esa misma universidad con la tesis “Arquitectura y Complejidad. La irrupción de un paradigma entre 1960 y 1973” (Lacasta, 2010). Ambos trabajos constituirán por supuesto una importante fuente de inspiración y referencia, junto con el resto de investigaciones y libros incluidos en la bibliografía.

Los trabajos anteriormente citados contribuirán a visibilizar y sentar las bases de la arquitectura compleja, aunque de un modo mucho más parcial y limitado que el planteado en la presente tesis: la aproximación de Grillo es más bien estilística, propia de una visión dirigida desde el departamento de estética y composición, con un análisis casi monográfico de autores como Charles Jencks y Peter Eisenman. En el caso de Codorniu, en cambio, el enfoque es bastante más amplio, aunque acotado en lo que respecta a su ámbito temporal, prestando especial atención a los primeros años de gestación de la arquitectura compleja. La presente tesis, por lo tanto, planteará un estudio mucho más amplio, generalista y actualizado del tema, pudiendo considerarse como un complemento a los trabajos existentes, como un paso más en el necesario desarrollo de la arquitectura compleja y de la disciplina en general.

² Edgar Morin se referirá a un fenómeno de “inteligencia ciega”, idea desarrollada en su libro “Introducción al pensamiento complejo”. 2004. Pag 27.

0.5 Estructura de la Tesis

El diagrama adjunto refleja la estructura seguida para el desarrollo de la presente tesis, un diagrama que muestra tanto el esquema lógico como la estructura de capítulos que conforman el cuerpo de La investigación.

Tal y como se puede comprobar, la idea es comenzar introduciendo una serie de conceptos y posicionamientos básicos, tanto en el ámbito de la arquitectura como en el campo de la complejidad y de las herramientas digitales, y posteriormente utilizarlos para construir discursos cada vez más elaborados: la idea es desarrollar un proceso progresivo de síntesis y complejización, un proceso que conduzca a integrar y considerar cada vez más factores de manera simultánea. Solo a través de este tipo de esquema será posible construir una visión holística de la “arquitectura compleja”.

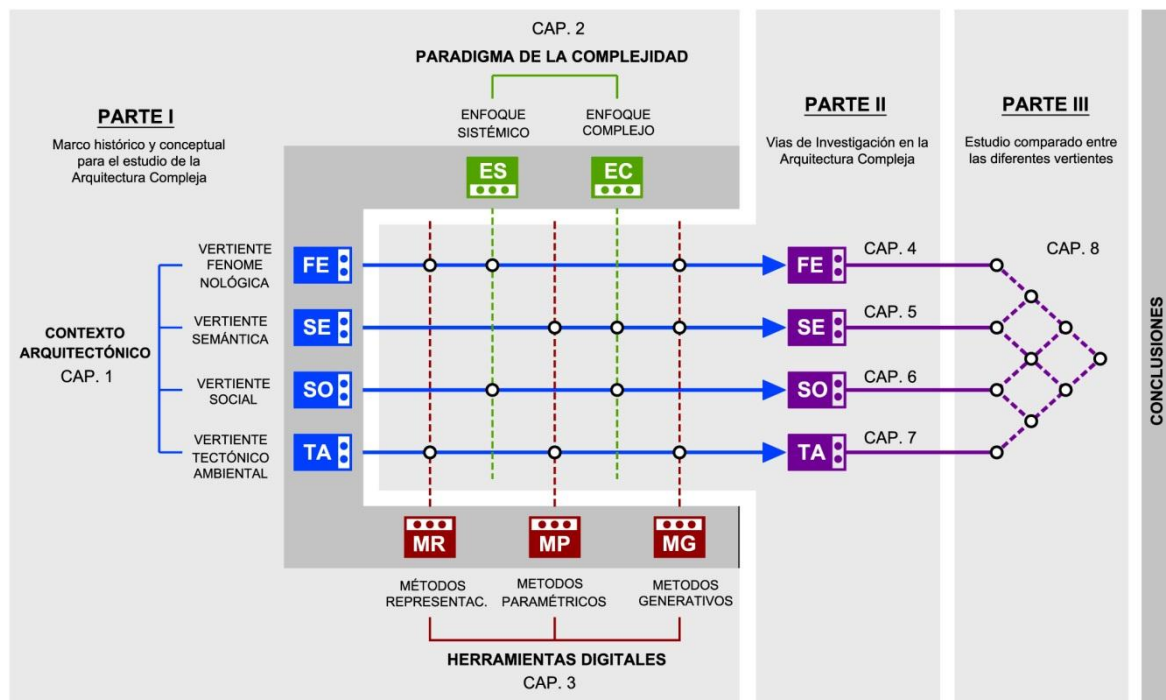


Figura 0.1. Esquema general de la estructura de la tesis. Fuente: Jon Arteta

El desarrollo de la investigación estará compuesto por el presente capítulo de introducción, tres grandes bloques temáticos (partes I, II y III, reflejadas en el esquema), y un apartado final dedicado a las conclusiones. Asimismo, la tesis contará con un anexo en el que se recogerán las entrevistas realizadas a algunos de los principales protagonistas en el ámbito de la “arquitectura compleja”.

En la primera parte se analizarán por separado cada uno de los tres campos principales (contexto arquitectónico, teorías de la complejidad, diseño digital),

estudiando sus bases conceptuales y sus principales tendencias y manifestaciones internas. La idea es llegar a definir un marco global de acción, un esquema general en el que cada tendencia se convierta en un posible ingrediente o elemento base para la posterior construcción de discursos y vías de trabajo conjuntas.

En la segunda parte de la tesis se estudiarán las principales formulaciones y discursos surgidos a partir de la combinación de estos “posicionamientos” o “elementos base”. Veremos cómo la arquitectura incorpora los recursos procedentes de la complejidad y el diseño digital para dar lugar a nuevas vías de trabajo y programas de investigación. Dentro de este apartado se estudiarán las propuestas más relevantes existentes actualmente en el ámbito de la arquitectura compleja, analizando propuestas teórico-prácticas de autores como Charles Jencks, Patrik Schumacher, Christopher Alexander, Nikos Salingaros, Bill Hillier, Michael Batty, Michael Weinstock, Michael Hensel, Achim Menges, Kokkugia (R. Stuart-Smith+R. Snooks), etc.

La tercera parte estará dedicada al análisis comparado entre los diferentes discursos y vías de trabajo, a fin de detectar confluencias, complementariedades y/o incompatibilidades entre los mismos. Asimismo, se presentarán discursos y vías de trabajo intermedias surgidas de la hibridación entre las diferentes vertientes.

En el apartado de conclusiones se realizará un diagnóstico o balance general de lo visto en apartados anteriores, evaluando los aportes realizados por la arquitectura compleja al desarrollo general de la disciplina arquitectónica, y especulando sobre el futuro de la investigación en este ámbito.

La tesis finalizará con un anexo en el que se entrevistará a algunos de los principales protagonistas vinculados a la arquitectura compleja, siete en total, los cuales responderán a ciertas preguntas comunes para todos ellos, así como a un segundo bloque de preguntas específicas destinadas a profundizar en el discurso particular de cada uno.

PARTE I

MARCO HISTÓRICO Y CONCEPTUAL PARA EL ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

INTRODUCCIÓN PARTE I:

MARCO HISTÓRICO Y CONCEPTUAL PARA EL ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

La primera parte de la tesis estará destinada a establecer el marco conceptual y el contexto histórico necesarios para poder afrontar el estudio de la arquitectura compleja.

Para ello será necesario plantear un estudio amplio que abarque el ámbito arquitectónico, pero también las teorías científicas y filosóficas relacionadas con el denominado “paradigma de la complejidad”, así como las herramientas digitales, recurso fundamental en el desarrollo de la ciencia y la arquitectura compleja. Así pues, la primera parte de la tesis consistirá en un estudio multidisciplinar organizado en tres capítulos, cada uno de ellos dedicado a uno de estos tres grandes campos: arquitectura, complejidad y herramientas digitales. Los principios que rigen la arquitectura compleja sólo podrán comprenderse a partir de la conjunción de estos tres ámbitos.

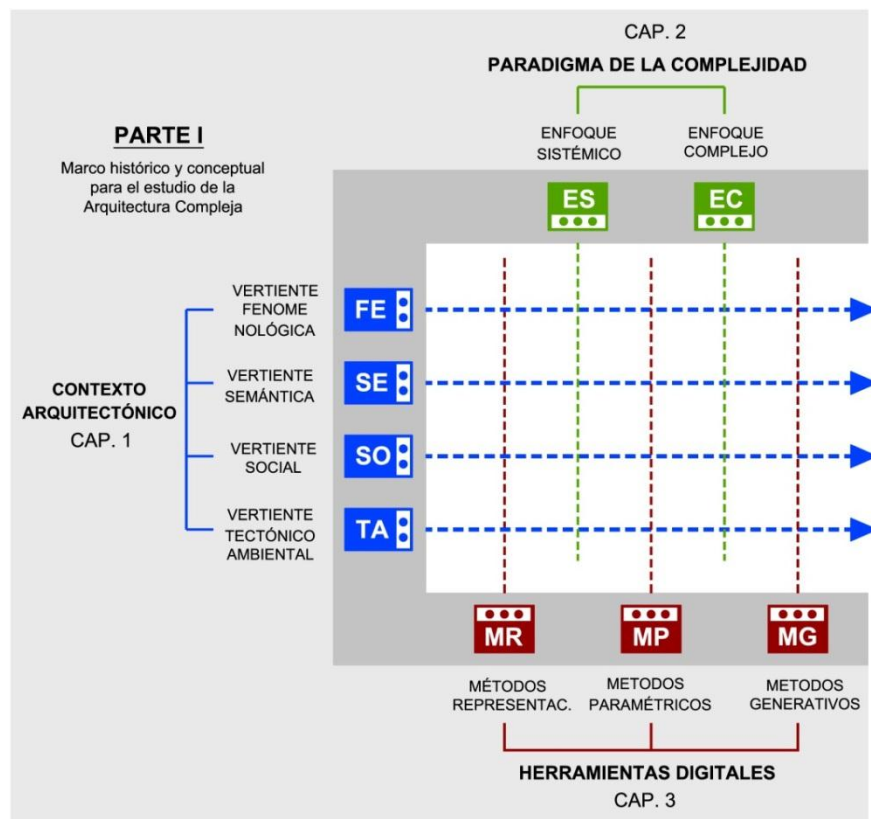


Figura 0.2. Esquema de estudio para la primera parte de la investigación.

Fuente: Jon Arteta

Dentro de cada uno de estos ámbitos existirán ciertas tendencias o posicionamientos generales, ciertos lineamientos entorno a los cuales se agruparán las diferentes teorías y conceptos. En el esquema adjunto se representarán estos posicionamientos generales a través cajas o contenedores, los cuales albergan en su interior pequeños puntos que hacen referencia a las teorías y conceptos englobados dentro de cada una de estas tendencias. La idea de esta clasificación es poder explicar de manera clara y ordenada las ideas, conceptos y propuestas que servirán como ingredientes para la posterior construcción de la arquitectura compleja. Lo importante en esta fase será obtener claridad y rigor en la definición de estos posicionamientos básicos, y no tanto mezclarlos entre sí; esto quedará para la segunda parte de la tesis. Por el momento nos limitaremos a construir un tablero de juego genérico, abierto a infinidad de posibles asociaciones que quedarán simplemente sugeridas al navegar por los diferentes capítulos.

Otro de los objetivos fundamentales de esta primera parte consistirá en describir el contexto cronológico e histórico en el que se insertan dichas teorías. Esto implicará establecer un marco temporal cuyo comienzo ubicaremos entorno a finales de la década de 1950 y comienzos de los 60, un momento clave en el que se produce el nacimiento de las primeras teorías de la complejidad ¹, las primeras alusiones a las herramientas digitales y su posible incorporación en el ámbito del diseño, así con un período de cambio y revolución en el ámbito arquitectónico, provocado por la crisis del Movimiento Moderno. Nos encontramos pues ante una “época revolucionaria” ² caracterizada por el surgimiento de nuevos discursos y teorías que sentarán las bases para el posterior desarrollo de la arquitectura compleja. Tal y como se ha indicado en la introducción de la tesis, serán numerosos los autores que subrayen la importancia de este período, entre los que destacará el arquitecto Miquel Lacasta con su tesis *“Geometría y Complejidad. La irrupción de un paradigma entre 1960 y 1973”*. Tal y como se puede comprobar en el esquema adjunto, las vertientes y vías de trabajo iniciadas durante esta época tendrán continuidad en las décadas posteriores, generando un conocimiento acumulado cada vez mayor que servirá para alimentar a los discursos de la arquitectura compleja, los cuales comenzarán a mostrar cierto grado de coherencia y madurez hacia mediados-finales de la década de los 90.

Evidentemente la ciencia y la tecnología seguirán evolucionando y proporcionando nuevos inputs para los discursos arquitectónicos, en lo que sería un contexto en constante cambio y evolución. Por nuestra parte entendemos que el esquema estudio y las vertientes descritas proporcionan un soporte suficientemente claro y abierto como para poder incorporar nuevos avances sin alterar la coherencia del discurso: la tesis quedará abierta así a la posibilidad de futuras actualizaciones.

¹ Tal y como se explica en el apartado 2.0.1 de la presente tesis, hacia finales del s. XIX comienza a surgir la noción de complejidad en ciencia de una manera implícita, aunque no será hasta mediados del s. XX cuando se convierta en un tema de investigación explícito.

² Thomas Kuhn denominará “fases de ciencia revolucionaria” a aquellos períodos caracterizados por la proliferación de propuestas científicas que compiten entre sí para configurar un nuevo paradigma.

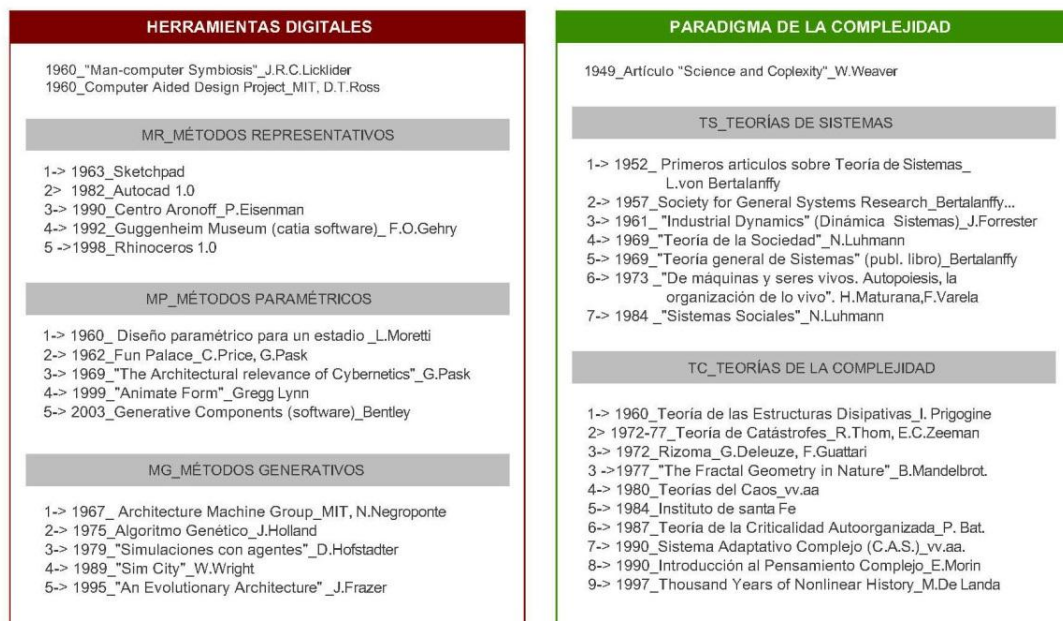
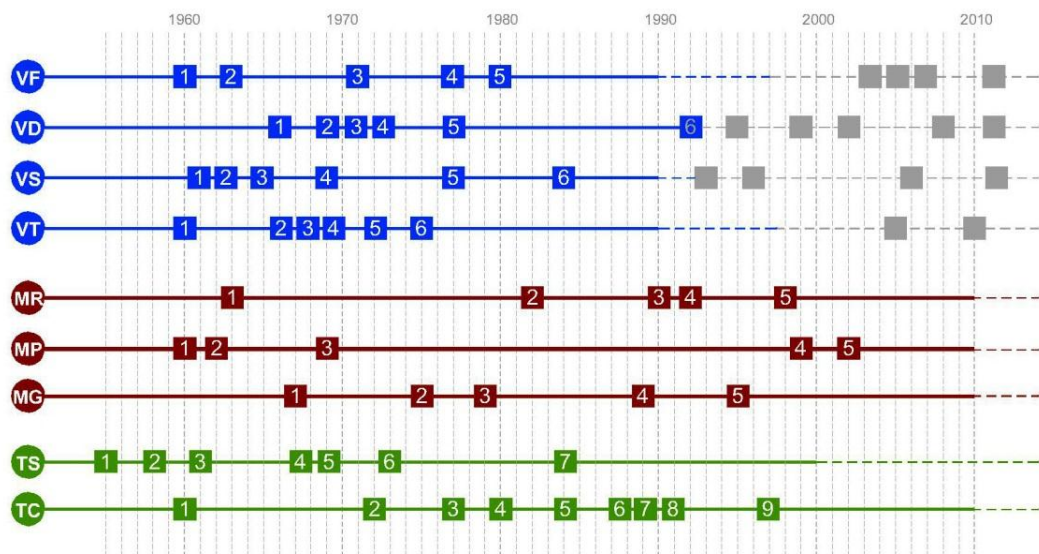


Figura 0.3. Esquema cronológico general. Fuente: Jon Arteta

CAPÍTULO 1_CONTEXTO ARQUITECTÓNICO

1.0_INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo estudiaremos las diferentes propuestas y vías de trabajo que han servido como base e inspiración para el surgimiento de la arquitectura compleja. Se tratará de propuestas surgidas durante la segunda mitad del S.XX y comprometidas la superación del pensamiento reduccionista y simplificador del Movimiento Moderno, propuestas que darán origen a nuevas vías de trabajo e investigación que influirán de manera determinante en el futuro de la disciplina, y que proporcionarán la estructura y el “background” necesarios para poder construir los discursos de la arquitectura compleja.

1.0.1 Contexto Temporal

Hacia finales de la década de 1950 se producirá el desmoronamiento de la ortodoxia del Movimiento Moderno, reflejada de manera evidente en la disolución de los congresos CIAM ¹. Con ello surgirá un amplio movimiento crítico que cuestionará abiertamente los principios del diseño moderno, y en especial los postulados de la Carta de Atenas, denunciando su carácter excesivamente abstracto y simplificador. La alternativa vendrá dada por un conjunto sumamente diverso de propuestas y discursos que promoverán una actitud más sensible y adaptada a la complejidad de los problemas arquitectónicos y urbanos, dando origen a nuevas vías de trabajo e investigación.

Todas estas propuestas a las que nos estamos refiriendo formarán parte de lo que denominaremos como un “período revolucionario” previo al surgimiento de discursos y teorías más sólidas y elaboradas en el ámbito de la arquitectura compleja. Tal y como indicaba el filósofo T.Kuhn, para que se produzca el cambio de un paradigma científico al siguiente será necesario pasar por una “fase revolucionaria” caracterizada por la experimentación y la proliferación de propuestas diversas aunque no siempre coherentes o integradas entre sí. En nuestro caso estaremos hablando de algo similar en el ámbito de la arquitectura, ya que se trata de superar la filosofía

¹ En el año 1956 se celebra el CIAM X, organizado y dirigido por el Team X, en el cual se manifiesta una actitud crítica hacia las ideas de la ortodoxia moderna (promovidas por los grandes maestros como Gropius, Le Corbusier...), dando lugar a un nuevo escenario arquitectónico que derivará en la disolución de los CIAM en el año 1959, tras la celebración de su última edición en la ciudad holandesa de Otterloo (CIAM XI).

simplificadora del Movimiento Moderno para avanzar hacia un nuevo paradigma, hacia una nueva cosmovisión más sensible y abierta a la complejidad.

Este “período revolucionario” se extenderá aproximadamente hasta mediados de la década de 1990 ², momento en el que comenzarán a surgir propuestas más sólidas y coherentes en el ámbito de la arquitectura compleja. En las conclusiones de la tesis discutiremos con más detenimiento si todas estas teorías pueden o deben considerarse realmente como un nuevo paradigma, pero lo que sí está claro es que para llegar a formulaciones tan elaboradas y sofisticadas ha sido necesario transitar por una prolongada etapa de búsqueda, asimilación y maduración de conceptos.

En el presente apartado nos limitaremos pues al estudio de las principales propuestas y formulaciones englobadas dentro de este “período revolucionario”, unas propuestas surgidas como respuesta ante la crisis del Movimiento Moderno y que constituirán los primeros pasos de un largo camino basado en la búsqueda de una arquitectura más compleja y adaptada a los retos de la sociedad contemporánea.

1.0.2 Las Vertientes del Contexto Arquitectónico: Principios y Fundamentos

Las diferentes vías discursivas surgidas a partir de la década de 1960 tratarán de superar el discurso del Movimiento Moderno a partir de la reinterpretación de la propia disciplina, esto es, preguntándose nuevamente qué es la arquitectura y cuáles deberían ser sus principales funciones y objetivos. Esto será evidente, por ejemplo, en casos como el de R.Venturi, que a través de obras como “Learning from Las Vegas” reivindicará la dimensión comunicativa y semántica de la arquitectura, un rasgo poco considerado y trabajado durante la etapa moderna. Las diferentes propuestas surgirán pues de una reflexión profunda sobre las posibles “funciones de la arquitectura”, una reflexión que dará origen a multitud de respuestas y que en última instancia provocará el fraccionamiento de la disciplina en diferentes discursos parciales. Los grandes ideales y objetivos comunes de la ortodoxia moderna se ven sustituidos así por un complejo entramado de discursos. Este será el contexto en el que suja la arquitectura compleja, y su influencia se evidenciará en el posterior surgimiento de propuestas con intenciones y puntos de partida notablemente diferentes entre sí.

Para poder estudiar este escenario de una manera más clara y ordenada propondremos agrupar los diferentes discursos entorno a cuatro grandes categorías,

² Hacia mediados de la década de los 90 surgen los primeros textos arquitectónicos que incorporan las teorías de la complejidad de una manera explícita y operativa, utilizándolas como base para la construcción de nuevos discursos y vías de trabajo que influirán de manera determinante en el desarrollo de la investigación arquitectónica de finales del s.XX y comienzos del XXI. Una de las obras más destacadas dentro de este nuevo contexto será el libro “The Architecture of the Jumping Universe”, de Charles Jencks, en el que se reivindica el establecimiento de un nuevo paradigma (de la complejidad) en el campo de la arquitectura.

cada una de ellas guiada por una de las que consideraremos como “las cuatro funciones básicas de la arquitectura”:

- Función fenomenológica -> Hace referencia a las sensaciones o experiencias que provoca la arquitectura al ser percibida/recorrida / habitada por los usuarios.

- Función semántica-> hace referencia a la capacidad de la arquitectura para comunicar mensajes y significados: la arquitectura entendida como lenguaje.

- Función Social -> hace referencia a la capacidad de la arquitectura para influir sobre el comportamiento y el movimiento de la gente, posibilitando o fomentando el desarrollo de determinadas actividades y fenómenos sociales.

- Función tectónico-ambiental-> se refiere a la capacidad de la arquitectura para influir sobre las características materiales y energético-ambientales del entorno.

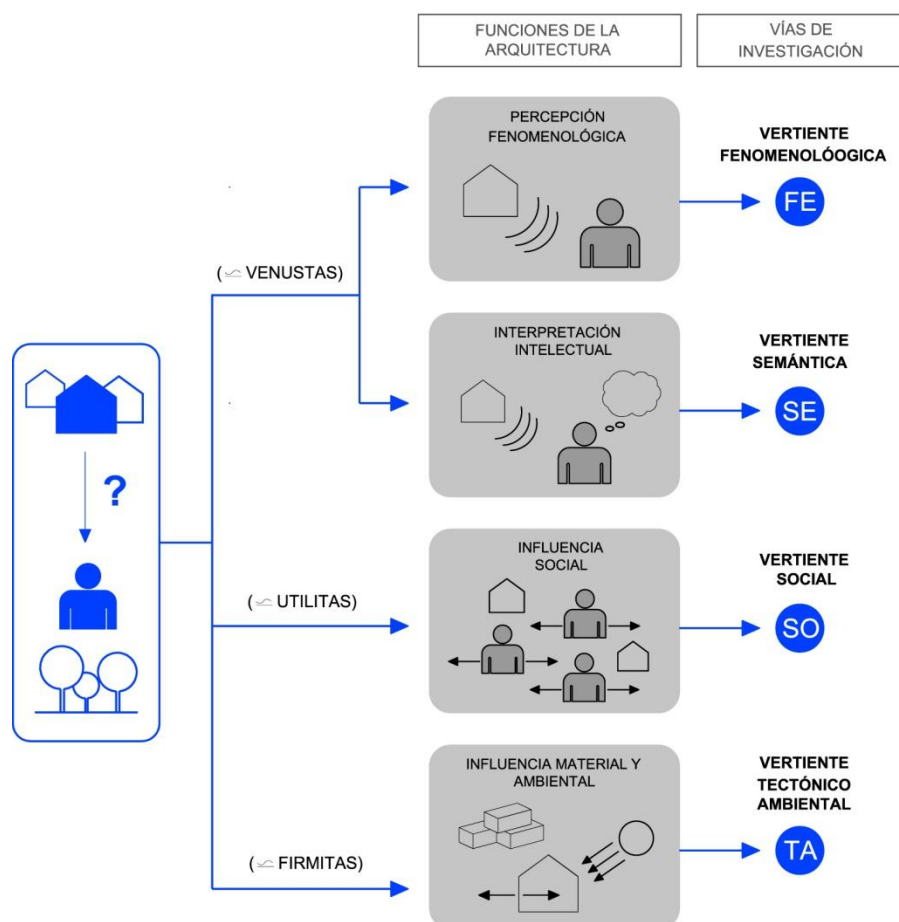


Figura 1.1. Las funciones de la arquitectura. Fuente: Jon Arteta

Tal y como se puede comprobar, estas cuatro funciones reflejan los diferentes efectos que la arquitectura ejerce (o puede ejercer) sobre su entorno físico y humano. Se trata pues de una clasificación basada en una reflexión lógica, aunque al mismo tiempo sustentada por diferentes autores y escritos a lo largo de la historia. Una de las referencias obligadas y más evidentes será la correspondiente a la tríada vitruviana, basada en la reivindicación de tres funciones fundamentales: “venustas, utilitas y firmitas”. La clasificación propuesta en la presente tesis puede entenderse como una versión actualizada y ampliada de dicha tríada, en la cual se produce la reinterpretación de algunos conceptos: “venustas”, la belleza, podría interpretarse, desde un punto de vista un poco más abstracto, como la capacidad de la arquitectura para “comunicar”, para transmitir información a nuestra mente, lo cual se corresponderá en nuestro caso con las categorías “semántica” y “fenomenológica”. El concepto de “utilitas”, por su parte, estaría aparejado con la “función social”, mientras que el de “firmitas” se amplía, sumando a la función estructural del edificio su comportamiento energético y medioambiental.

Otra de las obras clave a la hora de establecer estas cuatro categorías será el libro “The Autopoiesis of Architecture”, del arquitecto alemán P. Schumacher, en la cual se desarrolla un extenso análisis sobre los fundamentos y las funciones asociadas a la disciplina arquitectónica. Uno de los principales aportes de este trabajo será la división de la función comunicativa de la arquitectura en dos categorías: la función fenomenológica, que aludirá a la percepción de la obra arquitectónica y a las sensaciones que genera sobre el espectador a un nivel pre-reflexivo, y la función semiológica (semántica, en nuestro caso), que hará referencia a la interpretación de dicha obra desde un punto de vista intelectual o racional. Más adelante profundizaremos un poco más sobre estos aspectos, pero por el momento bastará con saber que se trata de funciones vinculadas a diferentes procesos cognitivos, y que por lo tanto servirán para inspirar diferentes tipos de búsquedas en el ámbito de la investigación arquitectónica. Esta división, además, resultará sumamente útil a la hora de organizar/clasificar los diferentes discursos de la arquitectura compleja, y por ello se incorporará como parte del esquema de la presente tesis. En lo que respecta al resto de funciones y categorías propuestas por Schumacher, también existirán numerosos paralelismos, aunque con ciertos matices y diferencias en lo que respecta a la designación y caracterización de las diferentes categorías. (explicación más detallada en el apartado “excursus” incorporado al final del presente capítulo)

Las funciones aquí descritas son funciones genéricas de la arquitectura, funciones que posteriormente deberán incorporar y adaptarse a los requerimientos específicos de cada proyecto. Del mismo modo, los discursos arquitectónicos analizados en el presente apartado plantearán ideas y metodologías de carácter general, aunque siempre bajo el propósito final de ayudar y orientar al arquitecto en el desarrollo de proyectos arquitectónicos concretos.

A la hora de estudiar el contexto arquitectónico consideraremos la existencia de cuatro grandes vertientes o vías de investigación, cada una de ellas vinculada a

una de las funciones de la arquitectura. Cada vertiente se convertirá así en una línea de acción, en una vía de trabajo con sus propios principios y objetivos, así como con sus respectivos autores y obras de referencia. En el presente apartado no realizaremos un análisis exhaustivo de este contexto, pero sí que trataremos de delinear las principales características de cada vertiente, citando a sus principales protagonistas e introduciendo brevemente sus principales aportes tanto a nivel teórico como práctico.

Antes de seguir con el análisis será necesario señalar que la clasificación de las propuestas arquitectónicas en diferentes vertientes no busca imponer límites o categorías estancas, sino que simplemente busca evidenciar la existencia de ciertos lineamientos o vías de investigación con una orientación común. Así, el hecho de clasificar, por ejemplo, la obra “Complejidad y Contradicción” de R.Venturi dentro de la vertiente semántica, no quiere decir que esta obra trate exclusivamente sobre ese tema, pero sí que dará a entender la existencia de una importante motivación semántica/semiológica tras el origen de dicho trabajo. Se tratará pues de identificar las intenciones y propósitos básicos que motivan el surgimiento de cada discurso, las inquietudes que lo guían y lo conducen hacia un determinado desarrollo argumental. Evidentemente algunas obras encajarán más fácilmente que otras en sus respectivas categorías, sí como sus autores, algunos de los cuales aparecerán citados incluso en varias vertientes al mismo tiempo, como en el caso de Christopher Alexander. El objetivo consistirá por tanto en marcar lineamientos y explicar tendencias, y no en dibujar líneas rojas.

En todo caso, cabe señalar que esta división entre las diferentes vías de trabajo no es algo necesariamente artificial, sino que responde de manera bastante fiel a la manera en que la investigación arquitectónica se organiza actualmente en las diferentes instituciones docentes e investigadoras. El fraccionamiento de la disciplina en diferentes campos de estudio es un fenómeno real, y la presente clasificación constituye en cierto modo la constatación de este hecho.

1.1_VERTIENTE FENOMENOLÓGICA

1.1.1 Fundamentos: La fenomenología y la dimensión perceptiva de la arquitectura

La función fenomenológica hace referencia a las sensaciones o experiencias que provoca la arquitectura al ser percibida/recorrida / habitada por los usuarios. Estas percepciones constituirán un acto pre-reflexivo (Montaner, 2014; 88, Seamon, 2016; Schumacher, 2012; 144, etc.), previo a cualquier tipo de interpretación racional o simbólica.

Pese a tratarse de un fenómeno comunicativo, autores como P. Schumacher subrayan la importancia de considerar la función fenomenológica como una función independiente, diferenciada de la comunicación semántica, al depender de diferentes mecanismos y procesos cognitivos. Además, Schumacher considera que la función fenomenológica es suficientemente rica y compleja como para inspirar por sí misma nuevos programas de investigación en el campo del diseño arquitectónico. (Schumacher, 2012; 144). De hecho, la arquitectura es una disciplina que más puede aportar al ámbito de la fenomenología, ya que las estructuras arquitectónicas y urbanas envuelven y condicionan todos y cada uno de nuestros actos cotidianos, influyendo así en la creación de experiencias.

La fenomenología nace a comienzos del s.XX de la mano del filósofo Edmund Husserl, dando lugar a una nueva vía de estudio y reflexión que atraerá a numerosos pensadores y filósofos, algunos de los cuales comenzarán a delinear posibles vínculos entre la fenomenología y la arquitectura, como en el caso de M. Merleau-Ponty, con la obra *"Fenomenología de la Percepción"* (1945), G. Bachelard, con sus *"Poéticas del Espacio"* (1957), o M. Heidegger, autor del texto *"Building, Dwelling, Thinking"* (1971), entre muchos otros. Tal y como veremos más adelante, a comienzos de los años 60 el pensamiento fenomenológico comenzará a introducirse directamente en el discurso arquitectónico convirtiéndose en un recurso clave a la hora de plantear reformas y alternativas a la arquitectura del Movimiento Moderno.

Asimismo, cabe señalar que las propuestas y teorías relacionadas con la fenomenología arquitectónica se nutrirán de una amplia base de conocimiento forjada por décadas de estudio y reflexión en disciplinas diversas, tales como la propia filosofía fenomenológica, las ciencias cognitivas, la psicología (movimiento Gestalt), la antropología (Edward Hall), la geografía (Edward Relph, Yi-Fu Tuan), las artes plásticas (G.Kepes), etc.

A continuación veremos cómo se aborda esta dimensión fenomenológica en la arquitectura de la segunda mitad del s.XX, dando lugar a una nueva vertiente de trabajo que inspirará posteriores discursos en el ámbito de la arquitectura compleja.

1.1.2 Antecedentes: la deshumanización de la arquitectura y el urbanismo moderno

La mayoría de las propuestas descritas en el presente apartado surgirán como respuesta a la excesiva abstracción del Movimiento Moderno, que en muchos casos derivará en el surgimiento de diseños poco adaptados a la escala humana, diseños desconectados de las necesidades perceptivas y psicológicas de sus habitantes.

Una de las principales causas será la traslación de la lógica fordista al campo del diseño y la construcción arquitectónica, dando lugar a obras cada vez más estandarizadas e industrializadas que terminarán por convertirse en un producto más dentro de la cadena de producción, en objetos autónomos carentes de personalidad y de conexión con las particularidades de cada contexto. Esto se verá reforzado a su vez por la supresión radical de la ornamentación, así como de cualquier posible alusión a los estilos históricos, limitando aún más los recursos disponibles para generar diversidad y apego a nivel perceptivo.

Pero sin duda el mayor empobrecimiento desde el punto de vista fenomenológico se producirá en el ámbito del diseño urbano, ya que el urbanismo racionalista de la “Carta de Atenas” pasará totalmente por alto las necesidades perceptivas y psicológicas necesarias para crear ciudades verdaderamente habitables y humanas. La predominancia de una visión radicalmente funcionalista y mecanicista de la ciudad llevará a la creación de entornos urbanos deshumanizados, carentes de vida, incapaces de proporcionar un hábitat adecuado para el desarrollo de comunidades saludables e integradas.

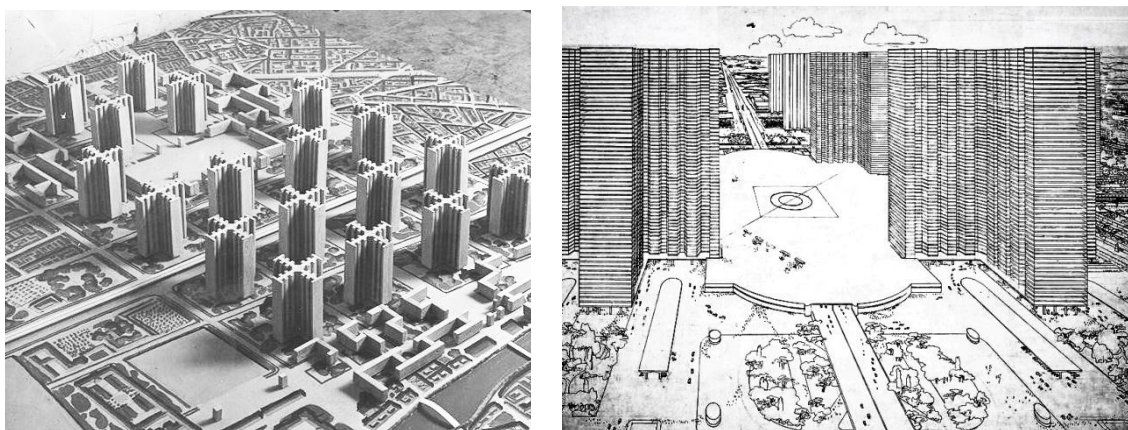


Figura 1.2. Imágenes del “Plan Voisin” de Le Corbusier para la ciudad de París.
Fuente: Fundación Le Corbusier. www.fondationlecorbusier.fr

1.1.3 Propuestas

Hacia finales de los 50 y comienzos de los 60 algunos autores encontrarán en la filosofía fenomenológica la inspiración necesaria para reconducir y reformar la arquitectura del Movimiento Moderno. Se tratará de propuestas que incorporan la experiencia perceptiva y sensorial como medio para escapar del dictado de la abstracción, abriendo las puertas así a una arquitectura más rica y adaptada a los objetivos humanistas. De este modo, autores como Ernesto Nathan Rogers, Kevin Lynch, Christian Norberg-Schulz, Colin Rowe o Christopher Alexander, entre otros, plantearán nuevas maneras de interpretar y articular el diseño arquitectónico y urbano.

El arquitecto italiano Ernesto Nathan Rogers será considerado como uno de los primeros en tender puentes entre la arquitectura y la fenomenología, gracias a diversos escritos publicados la revista *Casabella* (de la cual fue director entre los años 1953 a 1965), muchos de ellos recopilados en el libro *“Esperienza dell’architettura”* (1958). Rogers establecerá así una nueva interpretación de la arquitectura, otorgando un papel central a la experiencia y a la reincorporación de valores y recursos procedentes de la tradición histórica. Estos mismos valores serán compartidos por otro de los nombres destacados de la fenomenología arquitectónica, el noruego Norberg-Schulz, autor de obras como *“Intenciones en Arquitectura”* (1965), *“Existencia, Espacio y Arquitectura”* (1971), o *“Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture”* (1980). El discurso de Norberg-Schulz destacará especialmente por introducir y trabajar el concepto de “lugar”, entendiendo que una de las principales funciones de la arquitectura es precisamente la creación de lugares, de espacios existenciales que transmitan identidad y pertenencia, respetando y enfatizando el carácter de cada contexto.

Otro de los autores relacionados con la fenomenología arquitectónica será el historiador y crítico británico Colin Rowe, que se sumará a la exploración de nuevas posibilidades perceptivas y fenomenológicas en la arquitectura con artículos como *“Transparency: Literal and Phenomenal”* (1963) o el libro *“Collage City”* (1978) escrito en colaboración con el profesor Fred Koetter. A través de estos escritos, Rowe apostará por fomentar la riqueza de la arquitectura y la ciudad en términos formales y perceptivos, promoviendo una actitud más abierta a la complejidad, la ambigüedad y la convivencia de lecturas múltiples.

El urbanista estadounidense Kevin Lynch, por su parte, tratará de aportar una visión de tinte más científico y/o pragmático a través de la obra *“The Image of the City”* (1960). En este trabajo, Lynch abordará el tema de la ciudad desde una perspectiva radicalmente diferente a la desarrollada por los arquitectos de la ortodoxia moderna, priorizando la dimensión perceptiva y comunicativa de la ciudad frente a los criterios meramente utilitarios o funcionalistas. Lynch se centra así en la experiencia de recorrer la ciudad, en la percepción de la estructura urbana y de sus diferentes componentes, plasmándola a través de códigos y esquemas gráficos. Tal y como

puede verse en el gráfico adjunto, Lynch explicará sus ideas haciendo uso de una notación o codificación propia a través de la cual registrará y analizará la configuración de diferentes sistemas urbanos. El autor abre así una nueva dimensión para la interpretación del orden urbano, subrayando la importancia de la percepción y la “legibilidad” de la ciudad, entendiéndolas a su vez como un factor clave para el correcto desarrollo de las actividades urbanas.

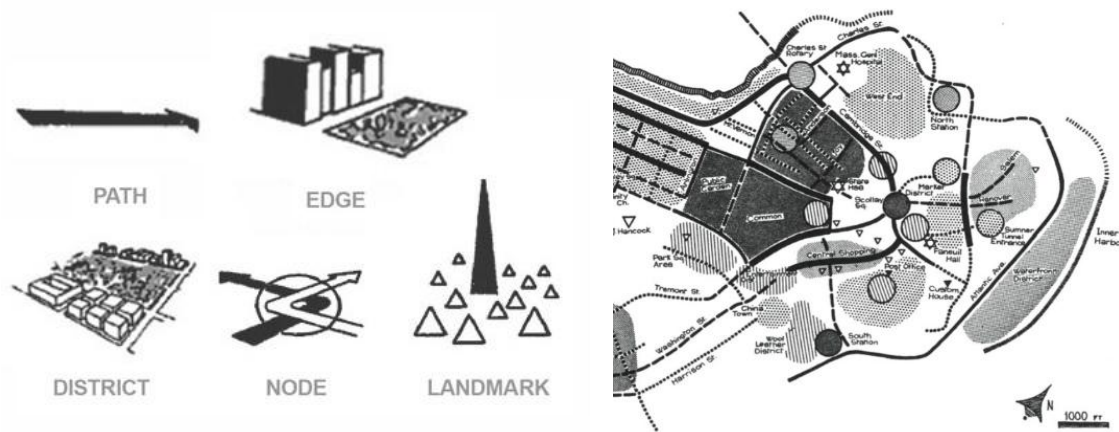


Figura 1.3. Imagen con los principales elementos y sistemas que conforman el paisaje urbano, según K.Lynch. Ejemplo de análisis urbano basado en la ciudad de Boston.

Fuente: Lynch, 1960

Por último haremos alusión al trabajo del arquitecto austriaco Christopher Alexander, cuyo pensamiento quedará reflejado en obras como el artículo “*A City is not a Tree*” (1965) y especialmente en la obra “*A Pattern Language*” (1977), considerada como uno de los mayores bestsellers de la historia de la arquitectura. El caso de Alexander resultará especialmente singular, ya que a pesar de que en sus trabajos nunca se hace referencia explícita al tema de la fenomenología, su obra puede ser considerada como una de las aproximaciones más completas y valiosas en este ámbito. Así lo interpretan autores como David Seamon (Seamon, 2007) o Stephen Grabow (Grabow, 1983; 66-67), opinión que será igualmente compartida por el autor de la presente tesis.

La preocupación de Alexander por la manera de percibir y experimentar la ciudad se hará evidente ya en su artículo “*A City is not a Tree*”, en el cual se pregunta sobre las causas que hacen que las ciudades modernas carezcan de la “vida” y la calidad humana presente en las ciudades “naturales” o espontáneas” (en referencia a las ciudades tradicionales, aquellas que emergen como consecuencia de décadas o siglos de evolución, como por ejemplo Siena o Liverpool). Según Alexander, la principal causa de este problema se debe a la manera en que los arquitectos modernos conciben y desarrollan el diseño urbano, y por ello reivindica la necesidad de crear nuevas metodologías que conduzcan a diseños más ricos y complejos. Este

será el propósito de la obra “*A Pattern Language*”³, en la cual se plantea una nueva estrategia de diseño basada en la toma descentralizada de decisiones. Alexander entiende que el diseño arquitectónico y urbano consiste en resolver pequeños problemas de manera paulatina, siendo el diseño final la consecuencia de toda esta cadena de decisiones. La propuesta de Alexander consistirá pues en actuar sobre cada una de estas pequeñas decisiones, fomentando soluciones que proporcionen un máximo beneficio a nivel perceptivo (que cree sensaciones armónicas), social (que genere espacios de interacción social) y ecológico. Así pues, el “lenguaje de patrones” consistirá en una extensa recopilación de problemas/soluciones tipo expresadas de manera clara y concisa para que el usuario/diseñador/constructor las pueda implementar y adaptar en función de cada caso y contexto específico. La idea es que la ciudad vaya surgiendo de manera espontánea a partir de la libre incorporación de estos patrones en cada pequeña acción (constructiva), dando lugar así a un entorno urbano diverso, evolutivo y dotado de vida.

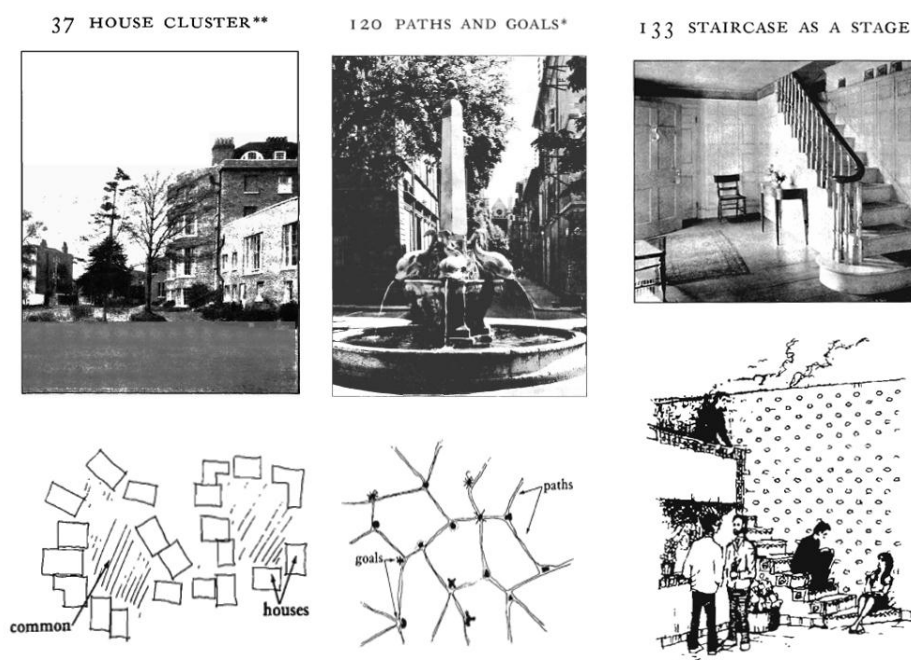


Figura 1.4. Esquemas de algunos “patrones” extraídos del libro “*A Pattern Language*” de C. Alexander. Fuente: Alexander, 1977

³ La propuesta de Alexander se publicará en dos partes, dos libros que en realidad deberán considerarse como parte de la misma obra, tal y como indica el propio autor. Estos libros serán “*A Pattern Language*”, de 1977 y “*The Timeless Way of Building*” publicado dos años más tarde, en 1979.

Tal y como indicábamos anteriormente, el término “fenomenología” no aparece citado en ninguna parte del texto, pero ello no evita que “*A Pattern language*” pueda ser considerado como uno de los grandes aportes al desarrollo de la fenomenología arquitectónica. De hecho, en esta obra quedarán condensadas la mayoría de las posturas vistas en los ejemplos anteriores: la promoción de las experiencias y percepciones positivas como objetivo central de la arquitectura (Alexander habla de buscar esa “cualidad sin nombre”, esa característica que hace que percibamos determinadas arquitecturas y ciudades como entidades con alma, con vida) (Alexander, 1979; 19); la creación de lugares con personalidad y carácter (se alude a la necesidad de crear patrones adaptados a cada contexto cultural, patrones que reflejen las costumbres y la idiosincrasia de cada contexto, que generen apego e identificación) (Alexander, 1977, XVI); la reconciliación con el pasado (los “patterns” se elaboran a partir del estudio de ejemplos extraídos de la tradición arquitectónica), la promoción de relatos múltiples (Alexander habla de la utilización del lenguaje de patrones de una manera “poética”, fomentando así superposición y la mezcla entre diferentes patrones con el fin de crear diseño más ricos y complejos) (Alexander, 1977; XL), la sistematización y formalización del método de diseño (Cada uno de los 253 patrones cuenta con una descripción y una formalización detalladas, así como indicaciones precisas sobre cómo poder combinar los patrones entre sí), etc. Así pues, nos encontramos ante una de las propuestas más notables y también una de las más duraderas en el tiempo, ya que Alexander seguirá desarrollando y puliendo su teoría hasta nuestros días, con publicaciones como “*The Nature of Order*” (2002-2005), un libro clave que ocupará un papel protagonista en la segunda parte de la tesis.

1.1.4 Comentarios y conclusiones

La mayoría de críticos coinciden en la existencia de una cierta crisis en el desarrollo de la vertiente fenomenológica hacia finales de los 80, tanto en el ámbito arquitectónico como en el filosófico, con el predominio de posturas tendentes al relativismo, como es el caso del pensamiento deconstructivista, el postestructuralismo, el pensamiento feminista, etc. (Seamon, 2016). Sin embargo, a pesar de este contratiempo, la investigación fenomenológica en arquitectura seguirá adelante gracias a diversas propuestas desarrolladas por autores como Juhani Pallasmaa, Thomas Thiis-Eversen, Tadao Ando, Steven Holl, Peter Zumthor, etc. Tal y como indica Seamon, la validez y rigurosidad de estas propuestas será en muchas ocasiones discutible, si bien en su conjunto servirán para mantener vivo el debate en torno a la dimensión fenomenológica de la arquitectura. En cualquier caso, para nosotros el trabajo más relevante en este ámbito seguirá siendo la obra de Christopher Alexander, una obra en constante evolución que llegará a convertirse en uno de los discursos centrales de la arquitectura compleja.

1.2_VERTIENTE SEMÁNTICA

1.2.1 Fundamentos: La dimensión semántica y la arquitectura como lenguaje

La función semántica hace referencia a la capacidad de la arquitectura para comunicar mensajes y significados: la arquitectura entendida como lenguaje. Cualquier obra de arquitectura constituirá un aporte de información que el espectador/usuario interpretará y asimilará a través de un proceso de reflexión consciente. Esto marcará la diferencia con respecto a la comunicación fenomenológica estudiada anteriormente, que hacía referencia a la percepción de “sensaciones pre-reflexivas”.

Tal y como indica Roland Barthes, *"as soon as there is a society, every usage is converted into a sign of itself"* (Barthes, 1967; 41). La arquitectura, al igual que cualquier objeto inserto en un contexto social, se convertirá asimismo en un signo, en una entidad cargada de significado. Independientemente de la intencionalidad de su autor, toda obra de arquitectura estará dotada de una determinada dimensión semántica.

La arquitectura ha estado ligada desde siempre a funciones representativas, comunicativas y/o simbólicas, tal y como se puede comprobar en multitud de obras y tratados a lo largo de la historia. La dimensión semántica constituye pues un factor relevante en la historia del diseño arquitectónico, independientemente de que algunos estilos como el Movimiento Moderno hayan tendido a dejarla en un segundo plano. De hecho, será precisamente en la época de crisis de la modernidad, hacia finales de la década de los 60, cuando surja con especial fuerza la reivindicación de una arquitectura comunicativa, rica en significados, una arquitectura en la que la dimensión semántica se convierte en el principal leit motiv para la investigación y la innovación. A lo largo de la presente tesis veremos cómo se concretan estas propuestas y de qué manera influyen en las posteriores vías de investigación en el ámbito de la arquitectura compleja.

1.2.2 Antecedentes: La crítica semiológica de los años 60

Para poder entender las características que presenta la vertiente semántica de la arquitectura en la actualidad, será necesario remontarnos a la época del Movimiento Moderno. Tal y como se ha indicado anteriormente, la crítica semiológica de los 60 surge como consecuencia del notable empobrecimiento semántico que experimenta la arquitectura durante la etapa del Movimiento Moderno, el cual puede atribuirse fundamentalmente a las siguientes causas:

-Reducción de los recursos expresivos. La supresión radical del ornamento, promovida inicialmente por Adolf Loos en su libro “Ornamento y Delito” (1910) y

secundada ampliamente por los arquitectos de la ortodoxia moderna, provocará el abandono de la tradición iconológica y su sustitución por una arquitectura de volúmenes abstractos desprovistos de significación, y guiada por el lema del “menos es más”.

- Reducción del espectro semántico. El Movimiento Moderno tenderá a limitar drásticamente la cantidad de significados que la obra arquitectónica puede/debe transmitir, mediante la promoción del funcionalismo radical y la imposición de un simbolismo limitado a la analogía maquina/mecanicista. Tal y como indica el arquitecto Robert Venturi: *“Lo que criticamos es el contenido simbólico de la actual arquitectura moderna y la negativa del arquitecto a reconocer ese simbolismo. Los arquitectos modernos han sustituido un conjunto de símbolos (eclecticismo histórico-romántico) por otro (proceso industrial-cubismo)”* (Venturi, 2013; 170).

- Falta de interés y rigor en la articulación semántica de los entornos arquitectónicos y urbanos. A los factores anteriormente expuestos debe sumar la falta de interés en hacer que los edificios y las ciudades sean más fácilmente legibles para los usuarios. Uno de los ejemplos más evidentes de esta disfuncionalidad semántica lo aportará el crítico Charles Jencks al describir los contrastes que se producen entre la apariencia y el uso real de los edificios proyectados por Mies van der Rohe para el campus del Illinois Institute of Technology (IIT): *“we find the factory is a classroom, the cathedral is a boiler house, the boiler house is a chapel, and the president’s temple is the School of Architecture (...). Of course he did not intend these propositions, but his commitment to reductive formal values inadvertently betrays them”* (Jencks, 2002; 15)

1.2.3 Propuestas

Frente a este contexto, la restauración de la dimensión semántica de la arquitectura surge como un deber necesario y productivo de cara a renovar y superar el repertorio expresivo y formal de la arquitectura moderna. Influenciados por el pensamiento estructuralista, muchos arquitectos y pensadores comenzarán interpretar la arquitectura en términos lingüísticos, generando un nuevo marco para el debate y la reflexión arquitectónica. Una de las obras más representativas de esta nueva corriente de pensamiento será el libro *“Meaning in Architecture”*, publicado en el año 1970 y editado por Charles Jencks y George Baird. El libro consistirá en una colección de artículos escritos por arquitectos y pensadores de la talla de Geoffrey Broadbent, Reyner Banham, Kenneth Frampton, Aldo van Eyck, Christian Norberg-Schulz, Alan Colquhoun, Joseph Rykwert o Francis Choay, entre otros, en los cuales se aborda la dimensión semántica de la arquitectura desde diversos enfoques y posicionamientos

Dentro de este amplio abanico de autores sensibilizados con la crítica semiológica, será necesario señalar a dos arquitectos que destacarán por encima de los demás gracias a sus importantes aportaciones tanto en la esfera teórica como en

el campo práctico del diseño: estos autores serán Robert Venturi y Peter Eisenman, cuyas principales aportaciones y trabajos se exponen a continuación:

Robert Venturi

El arquitecto norteamericano Robert Venturi será el encargado de abrir las puertas a la postmodernidad a través obras teóricas ya clásicas como *“Complejidad y Contradicción en la arquitectura”* (1966), o *“Aprendiendo de Las Vegas”* (1972), así como a través de obras construidas como la Vanna House, Guild House, etc. Los escritos y proyectos de Venturi se convertirán en un auténtico manifiesto en contra de la rigidez y la abstracción modernas, reivindicando una arquitectura más compleja, híbrida, abierta a la ambigüedad y a la riqueza de significados.



Figura 1.5. (Izda.) Casa Vanna Venturi (1962-64), ejemplo representativo de los postulados defendidos en el libro *“Complejidad y Contradicción”*, e ícono de la posteriormente denominada arquitectura postmoderna. (Dcha.) Boceto ilustrativo del concepto de “tinglado decorado”.

Fuente: Venturi, 2003

Quizá la obra más relevante en este aspecto sea el libro *“Complejidad y Contradicción en arquitectura”*, en el que Venturi reivindica la necesidad de ampliar el lenguaje formal de la arquitectura con el fin de mejorar su comportamiento tanto a nivel semántico como funcional. A través del estudio de más de doscientos ejemplos históricos, Venturi demostrará que *“la arquitectura es necesariamente compleja y contradictoria por el hecho de incluir los tradicionales elementos vitruvianos de comodidad, solidez y belleza”* (Venturi, 2003; 25). Ya no se trata de simplificar u obviar los problemas y contradicciones de la arquitectura, como hacían los diseñadores modernos, sino de asumirlos e incorporarlos de manera productiva, expresándolos a través de un lenguaje formal mucho más amplio y desprejuiciado que abrace la ambigüedad, la metáfora, la ironía, las referencias históricas, etc. Tal y como indica el propio autor, *“prefiero los elementos híbridos a los puros, los comprometidos a los*

limpios, los distorsionados a los rectos, (...). Defiendo la riqueza de significados en vez de la claridad de significados” (Venturi, 2003; 26).

En, “*Aprendiendo de Las Vegas, el simbolismo olvidado de la forma arquitectónica*”, Venturi enfatizará aún más la importancia de la capacidad comunicativa de la arquitectura a través de un análisis minucioso e innovador del “strip” de Las Vegas realizado junto a Steven Izenour, Denise Scott Brown y sus alumnos en la universidad de Yale. En esta ocasión, sin embargo, Venturi adoptará un nuevo rumbo discursivo, al defender una significación arquitectónica relativamente desligada de los aspectos formales y espaciales. Así, Venturi y Scott Brown defienden la realización de arquitecturas simples aumentadas a través de rótulos, signos u ornamentos (“tinglados decorados”), en lugar de diseños basados en la expresividad y sofisticación de la forma/volumetría exterior (“edificios pato”). Nos encontramos sin duda ante una propuesta audaz y provocadora, aunque de menor relevancia en el largo plazo debido a su limitado aporte en términos de forma y espacialidad.

Peter Eisenman

Otro de los autores clave en el desarrollo de la vertiente semántica de la arquitectura será el arquitecto estadounidense Peter Eisenman, uno de los autores más influyentes en el pensamiento arquitectónico del último tercio del s.XX y comienzos del XXI, gracias a su dilatada producción teórico-práctica y a su inagotable capacidad de reinvención. Al igual que Venturi, Eisenman tratará de revitalizar la dimensión semántica y formal de la arquitectura moderna planteando discursos y propuestas alternativas, aunque para ello seguirá un camino notablemente diferente al de su compatriota.

La propuesta de Eisenman será radical y polémica ya desde sus inicios, desde el mismo momento del diagnóstico: para Eisenman el problema de la arquitectura moderna residirá en su sometimiento a los requerimientos funcionales, sociales, técnicos, etc. los cuales supuestamente cohiben y limitan la libre experimentación formal. Así pues Eisenman propone liberar a la arquitectura de todas estas ataduras entendiéndola, como una disciplina autónoma y libre para emprender nuevos experimentos de carácter geométrico-formal. Las consecuencias e implicaciones de este diagnóstico se verán plasmadas en el artículo titulado “*From object to relationship: The casa del Fascio by Terragni*”, publicado en el año 1970, en el que Eisenman reivindica la “sintaxis” como tema principal del proyecto arquitectónico: lo importante no es el aspecto final del edificio, sino las relaciones geométricas existentes entre sus diferentes partes y componentes. Para Eisenman lo importante es revelar el proceso de diseño, explicar cuáles han sido los mecanismos geométricos utilizados para la génesis de la forma.

En el artículo citado, Eisenman refleja esta idea a través de una singular reinterpretación de la obra de Terragni, aunque sin duda el ejemplo más claro de esta nueva estrategia “sintáctica” serán las “arquitecturas de cartón” (“cardboard architectures”) desarrolladas por Eisenman a lo largo de la década de los 70. En las imágenes adjuntas se pueden observar algunos de estos diagramas y prototipos de viviendas, en los cuales se puede comprobar claramente cómo Eisenman parte de tramas y elementos formales simples para manipularlos posteriormente a través de diferentes operaciones geométricas (rotación, desplazamiento, superposición, sustracción, etc.), dando lugar a estructuras que reflejan su propio proceso de diseño.

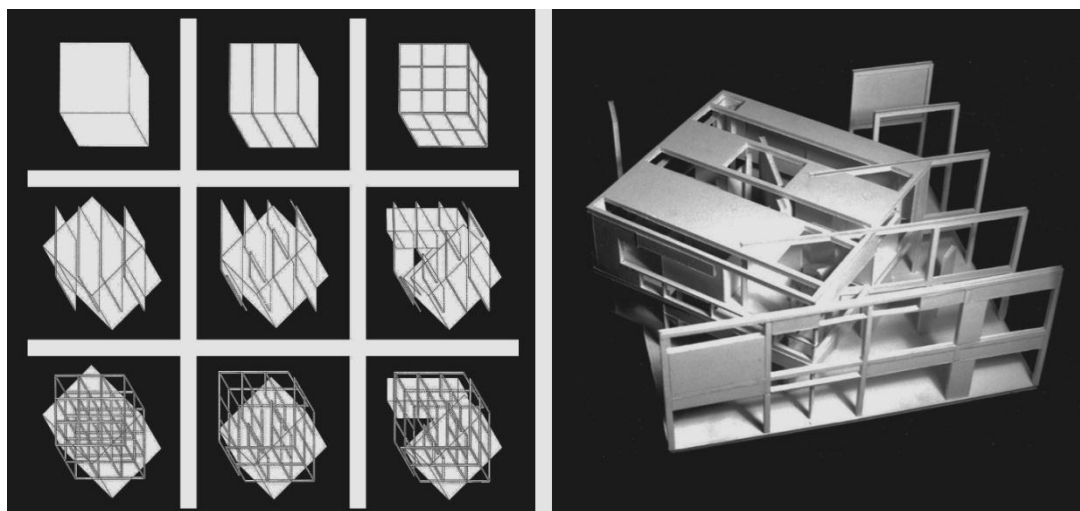


Figura 1.6. Diagramas y maqueta de la House III (1969-71). Serie “Cardboard Architectures”
Fuente: www.eisenmanarchitects.com

A pesar de que Eisenman se esfuerza por presentar una arquitectura autónoma y desligada de cualquier compromiso técnico, social e incluso semántico, en realidad lo que está haciendo es inventar un nuevo mensaje arquitectónico, un nuevo tema que comunicar al espectador: la sintaxis de la forma arquitectónica. Lo que realmente está haciendo Eisenman es plantear un ejercicio intelectual al observador, pidiéndole que lea y descubra los mecanismos formales utilizados por el arquitecto.

A partir de los años 70, sin embargo, Eisenman cambiará su discurso para incorporar referencias al entorno así como metáforas y alusiones a conceptos procedentes de otros campos del saber, tales como la ciencia o la filosofía. Tal y como se indica en el libro “*Diagram Diaries*”, Eisenman pasará de los “diagramas de interioridad” a los “diagramas de exterioridad”, es decir, de reflexiones puramente formales e intradisciplinarias a proyectos en los que la forma se inspira y se justifica a partir de asociaciones conceptuales de procedencia diversa.

Dentro de las principales fuentes de referencia cabrá destacar los textos de filósofos como Foucault, Lacan, Derrida o Deleuze, entre otros, así como un interés creciente por aspectos relacionados con las ciencias de la complejidad. tal y como indica A.C. Grillo, Eisenman “*adoptó la ciencia de la complejidad como un leitmotiv de su producción, habiendo debatido y trabajado con varios de los rótulos de la nueva ciencia: caos, complejidad, emergencia, morfogénesis, pliegues, no-linealidad, autosemejanza y fractales*” (Grillo, 2005; 22).

En esta nueva etapa Eisenman seguirá explorando la forma y la geometría arquitectónica, pasando del universo euclidiano al topológico a través de la exploración de formas plegadas y continuas, en lo que sería una traslación de las ideas y conceptos desarrollados por Deleuze en este ámbito. Asimismo, Eisenman será uno de los pioneros en el uso del computador como herramienta proyectual, aplicándolo ya a finales de los 80 y comienzos de los 90 para el desarrollo del diseño para el Centro Aronoff en la Universidad de Cincinnati. Todos estos factores lo convertirán en uno de los referentes fundamentales para las investigaciones contemporáneas vinculadas al formalismo digital.

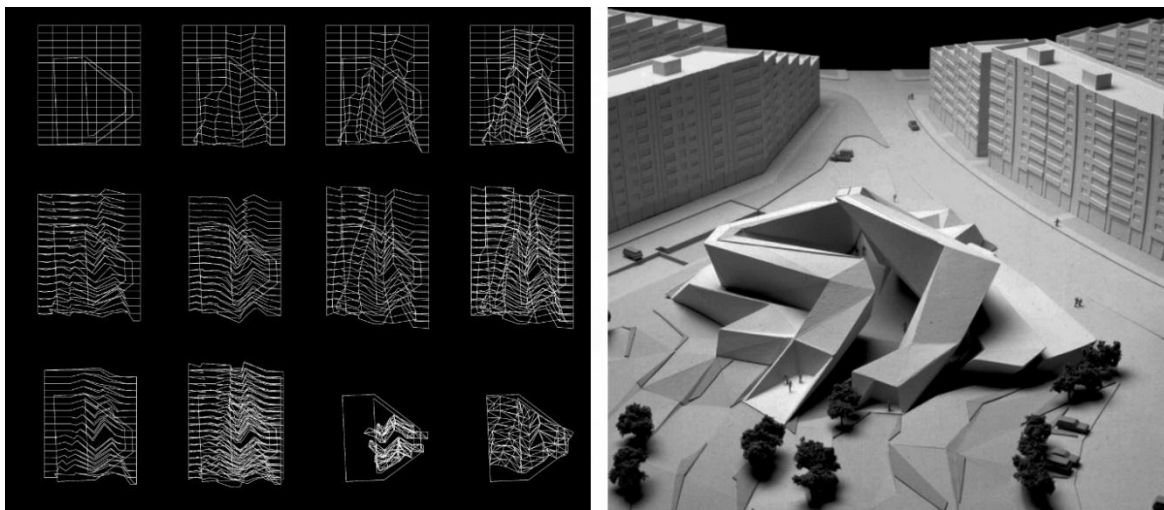


Figura 1.7. Imágenes del proyecto “Church of the year 2000” (1996), en el cual se refleja el trabajo de Eisenman con diagramas digitales y geometrías de carácter topológico.

Fuente: www.eisenmanarchitects.com

1.2.4 Comentarios y conclusiones

Tal y como se puede comprobar, tanto Venturi como Eisenman contribuirán a establecer un nuevo marco para la investigación en el ámbito de la semántica arquitectónica, promoviendo la innovación formal y avanzando, de manera intuitiva en el caso de Venturi, y más explícitamente en el caso de Eisenman, hacia una arquitectura más sensible y conectada con el concepto de complejidad.

1.3_ VERTIENTE SOCIAL

1.3.1 Fundamentos: La influencia de la arquitectura sobre el comportamiento social

La función social hace referencia a la capacidad de la arquitectura para influir sobre el comportamiento y el movimiento de la gente, posibilitando o fomentando el desarrollo de determinadas actividades y fenómenos sociales. Estamos hablando pues de una función que refleja y evidencia la relación existente entre la configuración arquitectónica y la manera en que la gente utiliza y habita los espacios arquitectónicos y urbanos.

Para poder comprender adecuadamente el enfoque que queremos darle a esta “función social”, primeramente será necesario definir y aclarar algunos conceptos. Tal y como indica Patrik Schumacher en la obra *“The Autopoiesis of Architecture”*, será importante hacer una distinción entre el “programa funcional”, propuesto generalmente por el cliente y que hace alusión a necesidades ajenas al ámbito arquitectónico, y los “métodos arquitectónicos”, que son los recursos y herramientas que utiliza la arquitectura para dar respuesta a dichos requerimientos. La evolución de la disciplina arquitectónica en su dimensión funcional y social estará marcada por el desarrollo de ambos campos: por el surgimiento de nuevas necesidades y requerimientos en una sociedad cada vez más cambiante, y por la mejora e innovación en las respuestas aportadas por la arquitectura.

En lo que respecta al desarrollo de los “métodos arquitectónicos”, éstos evolucionarán gracias a un bucle permanente entre práctica y teoría: las obras creadas como respuesta a problemas y requerimientos funcionales específicos se convertirán en objeto de estudio para la elaboración de teorías y leyes de carácter general, que a su vez inspirarán la creación de nuevas obras y diseños. Nos encontramos pues ante un bucle constante, ante un proceso que sin embargo no se produce de manera simétrica o lineal a lo largo de la historia: existen períodos marcados por la decepción y desconfianza con respecto a la teoría, en las que se promueve una actitud más libre y centrada las particularidades de cada proyecto, y épocas con tintes más positivistas, en las que la teoría recobra su papel como instrumento articulador e inspirador de nuevas propuestas. En la presente tesis trabajaremos en esta última línea, reivindicando la importancia de la teoría arquitectónica como pieza clave para la evolución global de la disciplina, aunque siempre desde un enfoque abierto y absolutamente opuesto a los excesos positivistas de épocas pasadas. Precisamente para evitar esto, y para tener un conocimiento más amplio de la base sobre la que se erigen las actuales teorías en el ámbito de la arquitectura compleja, deberemos referirnos brevemente al “funcionalismo” del Movimiento Moderno y a su correspondiente movimiento crítico a partir de la década de 1960.

1.3.2 Antecedentes: la visión mecanicista del funcionamiento arquitectónico y urbano

Gran parte de los trabajos y teorías que conforman la ortodoxia del Movimiento Moderno estarán guiados por el “funcionalismo”, una doctrina que atribuye a la función práctica o utilitaria un papel central en el proceso de diseño, convirtiéndola en el punto de partida para la definición del resto de sistemas arquitectónicos y urbanos. Esta tendencia adquirirá especial relevancia tras la Primera Guerra Mundial, cuando los arquitectos del Movimiento Moderno la adoptan como base para la construcción de un nuevo entorno arquitectónico y urbano. Documentos como la Carta Atenas reflejarán esta actitud de búsqueda, estableciendo una visión sugerente aunque excesivamente simplificada y abstracta de la realidad. Las estrategias de “zonificación urbana” impuestas por la carta de Atenas serán uno de los ejemplos más evidentes de este diagnóstico sobresimplificado (la ciudad entendida como máquina, el hombre como sujeto ideal y estandarizado, la reducción de las actividades a cuatro funciones básicas, etc.) y posterior responsable de configuraciones urbanas poco sensibles a la escala humana y carentes de vitalidad y actividad urbana.

1.3.3 Propuestas:

Frente a esta situación, en la década de los 60 el urbanismo racionalista de la Carta de Atenas comenzará a ser ampliamente cuestionado, dando lugar a un importante movimiento crítico que introducirá nuevas ideas y estrategias de diseño más sensibles y coherentes con la verdadera complejidad de los fenómenos arquitectónicos y urbanos. A continuación introduciremos brevemente algunos de los discursos y vías de trabajo más relevantes:

Jane Jacobs: “Death and Life of Great American Cities”

Una de las autoras más relevantes en la crítica al urbanismo del movimiento Moderno será la periodista estadounidense Jane Jacobs, autora del libro *“Death and Life of Great American Cities”* (1961). A través de esta obra, Jacobs marcará un importante cambio en la manera de entender y abordar el diseño urbano, ya que criticará abiertamente la actitud excesivamente abstracta y simplificadora de los arquitectos del Movimiento Moderno, reivindicando un enfoque más práctico y humanista centrado en la realidad de los habitantes y de las sociedades urbanas.

A lo largo de su libro, Jacobs demostrará el fracaso de las estrategias de “zonificación” propuestas por los arquitectos modernos aportando ejemplos y casos concretos extraídos de diferentes barrios y urbes del estado norteamericano. Jacobs argumentará en contra de los grandes diseños urbanos concebidos desde una lógica racionalista y deductiva, proponiendo un tipo de intervención más sensible y

respetuosa basada en el estudio empírico de la ciudad, en la observación directa de sus actividades y realidades cotidianas. Según Jacobs, las ciudades no deben entenderse como el fruto de grandes planes centralizados, sino como una suma de pequeñas acciones llevadas a cabo por los ciudadanos en sus vidas diarias, como un conjunto de interacciones locales cuya combinación tiende a generar entornos habitados diversos y llenos de vida. Así, Jacobs apuesta por *“to begin understanding the intricate social and economic order under the seeming disorder of cities”* (Jacobs, 1961; 15). Esta visión guardará una relación directa con algunas de las ideas promulgadas en el campo de la ciencia por parte de autores como W.Weaver, considerado como el padre de las ciencias de la complejidad. En el último capítulo de su libro, titulado *“What kind of problem a city is”* (Jacobs, 1961; 428), Jacobs hará referencia directa a este trabajo científico reivindicando la consideración de los problemas de diseño urbano como problemas de “complejidad organizada”. De esta manera, la periodista norteamericana esbozará los primeros vínculos entre ciencia y arquitectura, abriendo las puertas a un programa de investigación conjunto que se extenderá hasta nuestros días.

Megaestructuras

Una de las reacciones más tempranas y mediáticas a la crisis del Movimiento Moderno será la corriente de las “megaestructuras”, un término utilizado por el crítico británico Reyner Banham para referirse a un amplio abanico de propuestas que tienen como objetivo terminar con el determinismo y la rigidez maquínica de las ciudades modernas planteando diseños flexibles y adaptables que incorporen la incertidumbre y la espontaneidad. Estas propuestas, generalmente de marcado carácter utópico, consistirán en diseños compuestos por dos partes claramente diferenciadas: una estructura permanente maciza, casi monumental, y una serie de piezas o elementos habitables cambiantes o transitorios. A través de esta dualidad compositiva se conseguirán arquitecturas capaces de integrar y gestionar la incertidumbre, arquitecturas dinámicas que incorporan el movimiento y el cambio como parte de su propio ADN.

En lo que respecta al desarrollo de propuestas concretas, cabe señalar que el movimiento megaestructuralista es un movimiento disperso, carente de un órgano de orquestación común, en el cual tomarán parte grupos y autores tan diversos como el Team X, Archigram, los metabolistas (Arata Isozaki, Kenzo Tange...), los situacionistas (Constant Nieuwenhuis), etc. Dentro de este grupo tan diverso y variado, merecerá la pena destacar el trabajo de algunos autores que, en el desarrollo de sus respectivas propuestas megaestructurales, explorarán las posibilidades de la cibernética y la computación como medio para establecer una conexión directa entre la arquitectura y sus usuarios, permitiendo que sean los propios habitantes los que controlen la ubicación y disposición de las diferentes partes móviles. Éste será el caso de autores como Cedric Price y Gordon Pask (Fun Palace, 1962), Yona Friedman (Ciudad Espacial/Flatwritter, 1962), Dennis Crompton (Computer City, 1965), etc., los cuales

podrían ser considerados en cierta manera como “visionarios” de las futuras “smart cities”

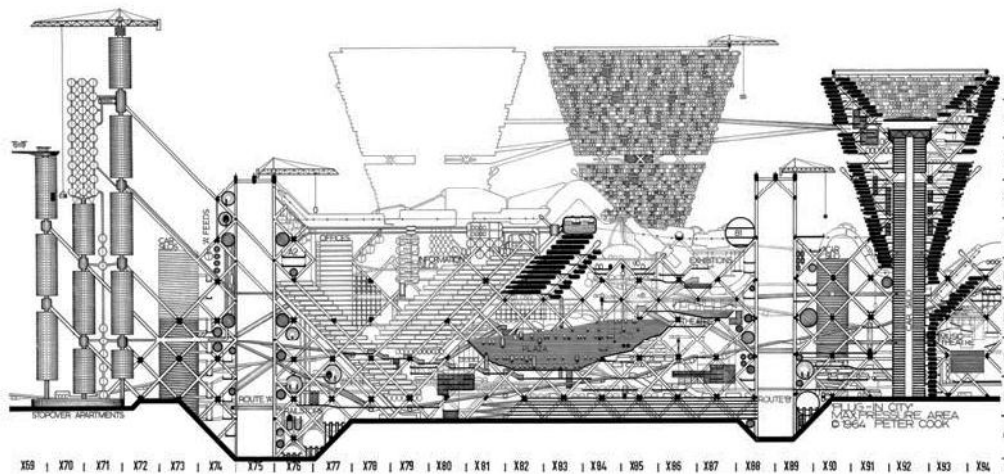


Figura 1.8. Dibujo de la Plug-in City de Archigram. Peter Cook. Fuente: Sadler, 2005;19

Planificación Sistémica

El deseo de incorporar los principios de la cibernética y la Teoría de Sistemas dentro del ámbito urbano afectará también al ámbito de la planificación, con la aparición de obras como “*Urban and Regional Planning: A Systems Approach*” (1969), de J.B. McLoughlin, o “*A Systems Way of Planning*” (1971), de G.Chadwick, ambas interesantes a nivel teórico aunque de escasa utilidad en lo que respecta al diseño físico de la ciudad (Faludi, 1972). Algo similar sucederá con el trabajo “*Urban Dynamics*” (1969) de Jay Forrester, el padre de la denominada “dinámica de sistemas”, que tratará de aplicar este método para el estudio de diferentes políticas urbanas y sus posibles efectos sobre el tejido social y físico de la ciudad. Tal y como se indica, la utilidad del método propuesto por Forrester será limitada, ya que la dinámica de sistemas es un método esencialmente aespacial, y por lo tanto incapaz de arrojar datos concretos sobre la estructura y la morfología de la ciudad. Asimismo, este tipo de métodos revelarán en la mayoría de los casos una actitud excesivamente positivista y en ocasiones incluso ingenua, al creer que es posible interpretar y deducir el comportamiento global de la ciudad a partir de unos pocos esquemas de carácter sistémico. Esto se hará evidente en el trabajo “*World Dynamics*”, también de Forrester, en el que el ingeniero tratará de aplicar su método para hacer predicciones a nivel mundial sobre temas relacionados con la población, los recursos y la sostenibilidad.

Sintaxis Espacial

Dentro de este contexto de búsqueda y experimentación será necesario destacar también el trabajo de ciertos arquitectos que, siguiendo con ese mismo espíritu científico, se preocuparán más directamente por la dimensión espacial de la arquitectura, centrando sus estudios sobre las configuraciones arquitectónicas y sus efectos sobre el comportamiento de la gente. Ya no se tratará de intentar comprender el funcionamiento de la ciudad en su conjunto, sino de centrar la atención en un fenómeno en específico: la interacción directa entre las estructuras físicas de la ciudad y el comportamiento de sus habitantes. Evidentemente el objetivo seguirá siendo sumamente ambicioso, pero esta matización en el enfoque permitirá llegar a resultados y teorías mucho más concretas y productivas.

Una de las obras más influyentes y pioneras en este ámbito será el artículo “*A City is not a Tree*” de Christopher Alexander, un artículo en el que se hace alusión a la estructura organizativa de la ciudad como un elemento clave de cara a conocer y deducir el comportamiento fenomenológico y social de las ciudades. Según Alexander, las ciudades modernas o “artificiales” carecen de la vida y la vitalidad social presente en las ciudades “naturales” o espontáneas (ciudades tradicionales surgidas paulatinamente en el tiempo), lo cual atribuye a la manera en que los arquitectos conciben la estructura organizativa de la ciudad, es decir, a la manera de definir las relaciones entre los diferentes elementos o partes de la estructura urbana. Así, Alexander describirá dos tipos de estructuras: la “estructura en árbol”, característica de los proyectos de arquitectos y diseñadores (Alexander cita y estudia proyectos de Le Corbusier, Tanguy, Lucio Costa, Hilberseimer...), y las “semi-tramas” (“semi-lattices”), las cuales estarán presentes en las ciudades naturales. Con el concepto de semi-trama Alexander hace referencia a un tipo de organización de carácter sistémico, una organización que potencia los entrecruzamientos y superposiciones entre elementos, en oposición a la linealidad de los esquemas tipo árbol. En resumen, podríamos decir que Alexander publica este texto para reivindicar y justificar matemáticamente la necesidad de adoptar una visión holística de la realidad, una visión en clave de sistema que nos permita diseñar ciudades vivas y conectadas con la verdadera complejidad de los fenómenos sociales.

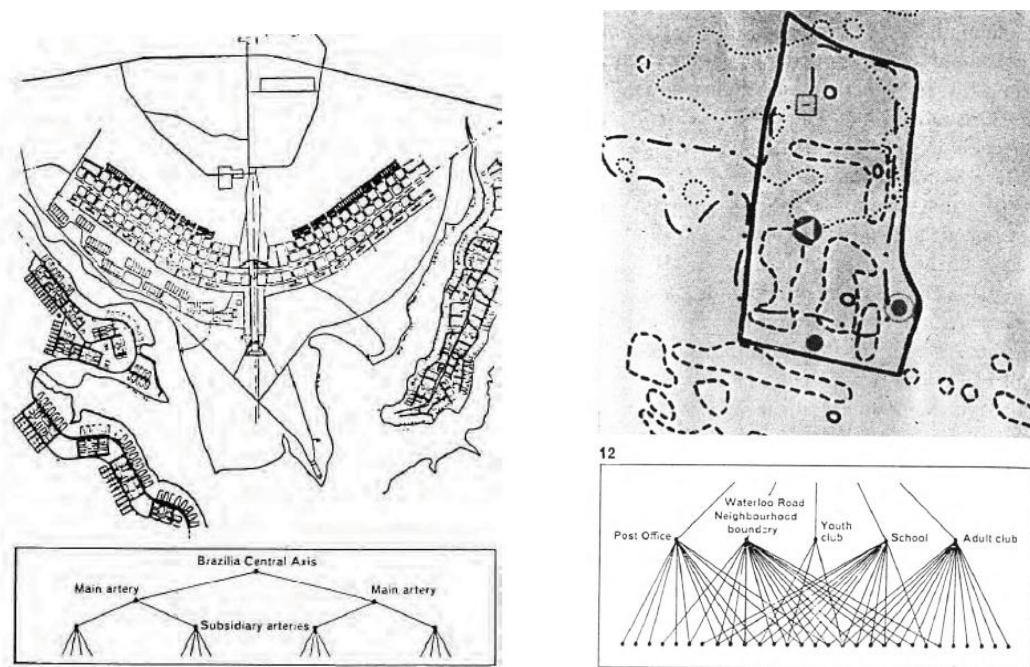


Figura 1.9. Esquemas extraídos del artículo “A city is not a tree” de C. Alexander. La primera imagen muestra la ciudad de Brasilia y su esquema organizativo tipo árbol. La segunda imagen corresponde al barrio de Waterloo Road (Middlesborough), y su esquema de semi-trama.
Fuente: Alexander, 1965

Esta línea de investigación estará apoyada a su vez por el trabajo de diferentes profesionales, como el de los arquitectos Philip Steadman y Lionel March, autores de la obra “*The Geometry of the Environment. An Introduction to Spatial Organization in Design*” (1971), la cual planteará también importantes avances en la comprensión de las dinámicas espaciales desde un punto de vista matemático. Pero sin duda el trabajo más relevante en este ámbito será el desarrollado por Julienne Hanson y Bill Hillier, cuyas investigaciones quedarán recogidas en el libro “*The Social Logic of Space*” (1984). Al igual que sus colegas, Hillier y Hanson recurrirán a herramientas matemáticas como los grafos o los autómatas celulares para construir un nuevo marco conceptual y metodológico que influirá de manera determinante en el futuro de esta vía de investigación. Algunos años más tarde Hillier presentará una versión más evolucionada y sofisticada de su propuesta en el libro “*Space is the Machine*” (1994), dando origen a lo que hoy en día conocemos como “sintaxis del espacio”. Tal y como veremos en la segunda parte de la tesis, la sintaxis espacial se convertirá en uno de los métodos/discursos más relevantes dentro de la arquitectura compleja, dando origen a un campo de investigación sumamente amplio que será apoyado y desarrollado por arquitectos y grupos de investigación de todo el mundo.

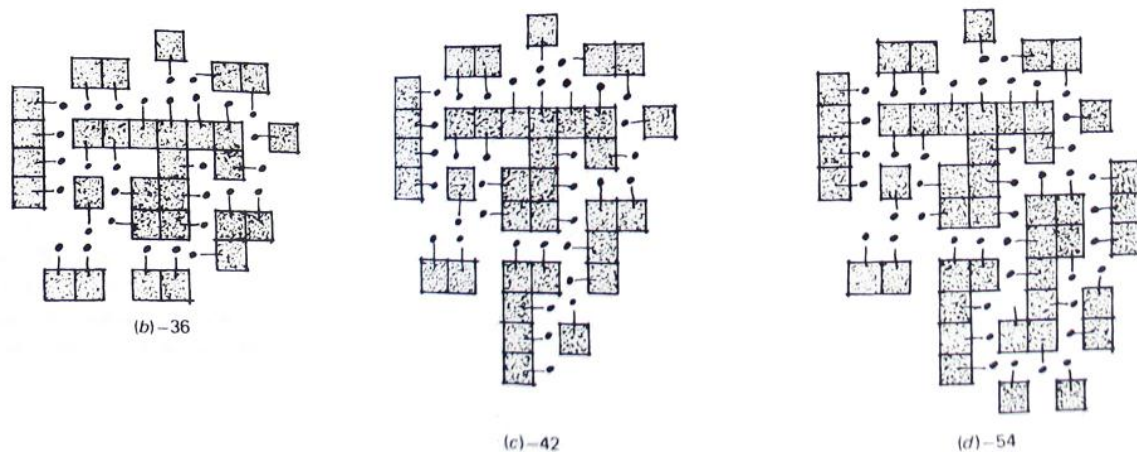


Figura 1.10. Modelo con autómatas celulares para el estudio del desarrollo de aldeas tradicionales francesas Fuente: Hillier & Hanson, 1984

Antes de cerrar este capítulo merecerá la pena destacar también la obra *"Fractal Cities. The geometry of Form and Function"*, publicada en el año 1994 y elaborada por Paul Longley y Michael Batty. Esta obra obedecerá a la misma lógica que las anteriores pero lo hará desde un enfoque innovador al incorporar la geometría fractal como herramienta para estudiar la configuración y el comportamiento social de las estructuras urbanas. La obra de Batty también será abordada y desarrollada con mayor profundidad en la segunda parte de la tesis, así que por el momento bastará simplemente con citar esta obra y subrayar su aporte al estudio de la dimensión social de la arquitectura.

1.3.4 Comentarios y conclusiones

En definitiva, podemos decir que los casos aquí tratados contribuirán a crear a una nueva manera de entender y estudiar la función social de la arquitectura, sustituyendo la concepción mecanicista por una visión más próxima a las teorías y métodos relacionados con la sistémica y la complejidad. En la segunda parte de la tesis estudiaremos con más detalle algunas de las vías de investigación surgidas a partir de este caldo de cultivo, demostrando la existencia de una búsqueda común y continuada en el tiempo que se verá potenciada por la futura incorporación de métodos y herramientas vinculadas al mundo digital.

1.4_VERTIENTE TECTÓNICO-AMBIENTAL

1.4.1 Fundamentos: La influencia de la arquitectura sobre el entorno físico

La función tectónico-ambiental se refiere a la capacidad de la arquitectura para influir sobre las características materiales y ambientales del entorno. Nos encontramos por tanto ante una vía de trabajo que hace de la eficiencia tectónica y ambiental su principal leit-motiv para la innovación y la investigación arquitectónica.

En esta vía de investigación la obra arquitectónica dejará de concebirse como un objeto inerte, destinado simplemente a la significación semántica o figurativa, adoptando una visión mucho más dinámica en la que la arquitectura se convierte en un agente activo que influye y modifica constantemente los campos de fuerzas y energías existentes a su alrededor. Algunos autores como los arquitectos Michel Hensel y Achim Menges hablarán así del “performance-oriented design” (Hensel & Menges, 2008), promoviendo un tipo de diseño centrado en el “comportamiento” de los edificios, tanto a nivel estructural como energético y ambiental.

En el presente apartado se engloban bajo un mismo enfoque los aspectos estructurales y los aspectos energéticos y ambientales (comportamiento térmico, impacto sobre los microclimas locales, comportamiento acústico, etc.), integrándolos como parte de un programa de investigación conjunto. Esto no quiere decir que ambos campos deban ir siempre necesariamente de la mano, pero sí que es posible detectar numerosos casos y vías de trabajo en los que ambos aspectos se abordan de manera conjunta, fusionándose en el citado enfoque “performativo”.

Esta vía de investigación estará directamente relacionada también con el concepto de sostenibilidad, al fomentar la búsqueda de estrategias y métodos de diseño que favorezcan la optimización material y la eficiencia energética, generando así soluciones arquitectónicas más respetuosas con el medio ambiente.

1.4.2 Antecedentes: Industrialización y estandarización en la arquitectura moderna

El Movimiento Moderno, en sus inicios, estuvo acompañado de importantes innovaciones en los aspectos tectónicos y ambientales, con la introducción de nuevos materiales como el hormigón armado y la reivindicación de principios higienistas y de mejora ambiental y energética planteados en los congresos CIAM⁴. Este espíritu

⁴ Las primeras ediciones de los CIAM estuvieron caracterizadas por un marcado carácter científico, abordando temas de como el estudio del asoleamiento y su control a través de distanciamientos entre edificios. (MONTANER, 2000 ; 29)

innovador, sin embargo, pronto se verá sustituido por soluciones estandarizadas que se aplicarán de manera sistemática por los seguidores de la ortodoxia moderna.

En el ámbito de la construcción destacará el predominio del “Sistema Dominó”, la aplicación de los “cinco puntos de la arquitectura” (edificio sobre pilotis, planta libre, fachada libre, huecos rasgados y cubierta plana ajardinada) promulgados por Le Corbusier, y la tendencia a utilizar materiales estandarizados y fabricados en serie, en lo que sería una traslación directa del pensamiento fordista al campo de la arquitectura. En el ámbito ambiental, por su parte, los criterios de diseño se verán reducidos prácticamente a la ejecución de bloques aislados con grandes superficies libres entre sí para el soleamiento y la vegetación, nuevamente una visión excesivamente limitada y abstracta de lo que podría ser un verdadero enfoque “performativo”.

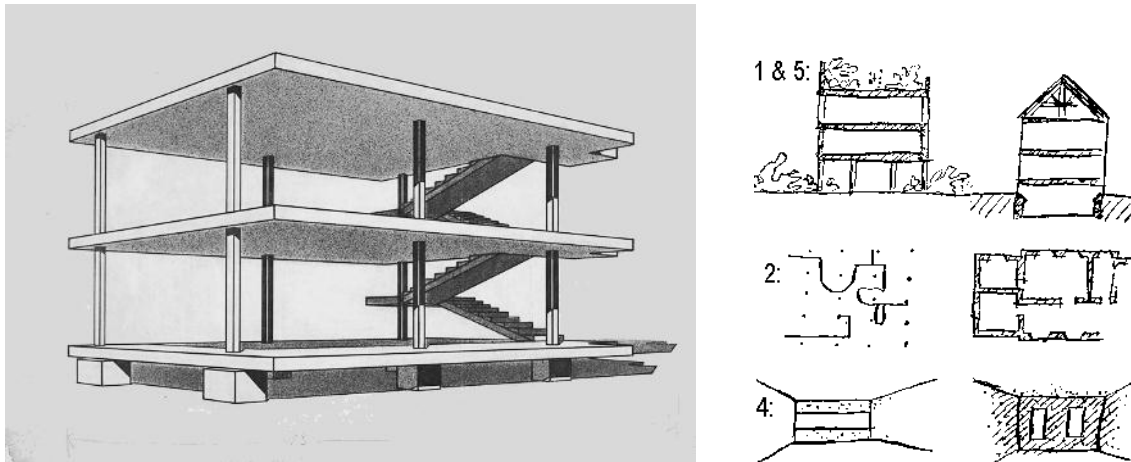


Figura 1.11. Imagen del sistema constructivo “Dominó”, y esquemas descriptivos de los “5 Puntos de la Arquitectura” planteados por Le Corbusier.

Fuente: Fundación Le Corbusier. www.fondationlecorbusier.fr

La adopción de estos “dogmas” limitará la capacidad de experimentación del Movimiento Moderno, que pronto se verá incapaz de hacer frente a los retos de eficiencia y sostenibilidad requeridos por la sociedad. Ante esta situación de estancamiento, algunos autores tratarán de romper los moldes iniciando vías de investigación alternativas en el ámbito tectónico-ambiental, como puede ser el caso de Richard Buckminster Fuller, Frei Otto, Eladio Dieste, Felix Candela, Pier Luigi Nervi, Robert Le Ricolais, Eduardo Torroja, etc. A continuación estudiaremos con un poco más de detalle el caso de Fuller y Otto, dos de los autores más influyentes dentro de este grupo de pioneros.

1.4.3 Propuestas:

R. Buckminster Fuller

Richard Buckminster Fuller (1895-1983) fue uno de los integrantes de la denominada segunda generación de arquitectos modernos, siendo uno de los principales encargados de introducir los aspectos relativos a la sostenibilidad y la eficiencia material dentro del discurso arquitectónico de la época.

Fuller propone una cosmovisión sumamente particular y avanzada para la época, un enfoque que invita a tomar consciencia del funcionamiento del planeta tierra en su totalidad, entendiéndolo como parte de un sistema en el que todo está conectado y en el que cada decisión de diseño tiene efectos directos sobre el comportamiento global del sistema. En la obra *“Operation Manual for Spaceship Earth”* (1969), Fuller explicará esta cosmovisión y propondrá nuevos conceptos y herramientas para poder comprender y actuar dentro de este nuevo contexto: *“we will now tackle our present world problems with the family of powerful thought tools: topology, geodesics, synergetics, general systems theory, and the computer’s operational “bitting.”* (Fuller, 1969; 24)

Pese a lo radical o innovador de sus ideas, Fuller siempre mantendrá una actitud pragmática en el ámbito del diseño, estableciendo una estrecha relación con las tecnologías y los medios de producción existentes en su época. Fuller pretende crear diseños eficientes y sistémicos pero que al mismo tiempo sean prefabricados y fáciles de construir, dando lugar al universo “Dymaxion”⁵, una nueva filosofía de diseño de la cual surgirán multitud de propuestas tanto en el ámbito de la arquitectura (prototipos de casas “dymaxion” prefabricadas), la automoción (“coche dymaxion”), etc.

Pero sin duda el aporte más relevante de Fuller será en el campo estructural, más concretamente en el campo de las estructuras tridimensionales livianas, con el desarrollo de las cúpulas geodésicas y las estructuras de tensegridad⁶. En ambos casos Fuller combina un profundo dominio de la geometría con la exploración de la capacidad resistente de los materiales, dando lugar a tipologías estructurales innovadoras caracterizadas por un altísimo grado de eficiencia a nivel material y estructural.

⁵ El término “Dymaxion” surge de la contracción de las palabras inglesas “dynamic” (dinámica) y “maxim” (máxima).

⁶ La Tensegridad es un principio estructural basado en el empleo de componentes aislados comprimidos que se encuentran dentro de una red tensada continua, de tal modo que los miembros comprimidos (generalmente barras) no se tocan entre sí y están unidos únicamente por medio de componentes traccionados (habitualmente cables) que son los que delimitan espacialmente dicho sistema. (Gómez-Jáuregui, 2008)

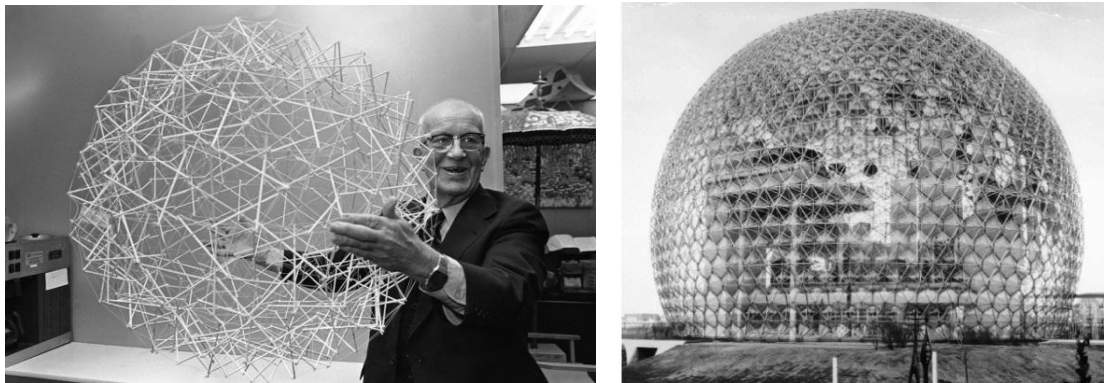


Figura 1.12. Izda. Imágen de R.Buckminster Fuller sosteniendo una estructura de tensegridad.

Fuente: Buckminster Fuller Institute (www.bfi.org)

Dcha. Cúpula geodésica del pabellón americano diseñado para la Expo de Montreal (1967).

Fuente: Buckminster Fuller Archive at Stanford University

(<http://library.stanford.edu/spc/digital-collections/r-buckminster-fuller-slideshow>)

La filosofía y los trabajos de Fuller contribuirán a impulsar un cambio de mentalidad en el ámbito del diseño arquitectónico, alimentando así nuevas vías de investigación. Será necesario señalar, sin embargo, el impacto limitado que las obras de Fuller ejercen sobre la investigación arquitectónica contemporánea, principalmente debido a su preferencia por las formas euclídeas, formas que resultan excesivamente rígidas en un contexto como el actual, en el que las herramientas digitales y los métodos de construcción no estandarizados permiten explorar geometrías mucho más libres y dinámicas (NURBS, blobs, etc.). Esto, sin embargo, no quita para que conceptos como el de tensegridad sigan debatiéndose y explorándose dentro de los principales centros de investigación arquitectónica ⁷.

Frei Otto

Frei Otto (1925-2015), arquitecto, profesor y teórico alemán, es conocido por su importante labor investigadora en el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart, así como por sus diseños para el pabellón alemán en la Exposición Universal de Montreal (1967), o el Estadio Olímpico de Munich (1972), entre otros.

⁷ Existen numerosos ejemplos de experimentos contemporáneos basados en el concepto de tensegridad, como por ejemplo el proyecto "Barcelona Tensegrity Tower" (2008), desarrollado por alumnos del Master en Arquitectura Biodigital de la ETSARQ, o el "Tensegrity Pavilion" (2010), desarrollado por alumnos del grupo EMTECH de la Architectural Association, entre muchos otros.

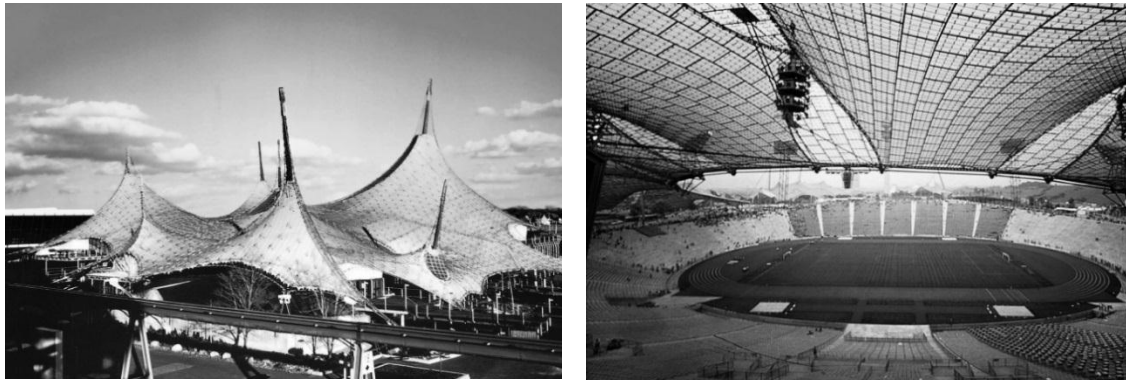


Figura 1.13. Izda. Pabellón alemán para la Expo de Montreal, Frei Otto, 1967.
Dcha. Estadio Olímpico de Munich, Frei Otto, 1972
Fuente: www.freiotto.com

Otto destacará por la originalidad de sus investigaciones, al estudiar las formas que adopta la materia al autoorganizarse bajo diferentes fenómenos físicos. Cada proyecto de Otto conlleva pues una un proceso de investigación científica, un proceso de experimentación en el que, a través de prototipos y maquetas físicas, el arquitecto alemán estudia los procesos morfogénéticos de la naturaleza, la génesis de la forma resistente, aplicándola posteriormente al diseño de estructuras ligeras. Así, Otto desarrollará experimentos con películas y burbujas de jabón, con membranas de fluidos viscosos, con sistemas de cuerdas, membranas para el estudio de formas antifuniculares, etc. Estos experimentos le permitirán a Otto determinar cuáles son las formas estructuralmente óptimas para cada caso, pudiendo minimizar así el uso de material. Al igual que en el caso de Fuller, nos encontramos ante una búsqueda que prima la optimización de los recursos, y con ello la eficiencia y sostenibilidad del entorno construido.

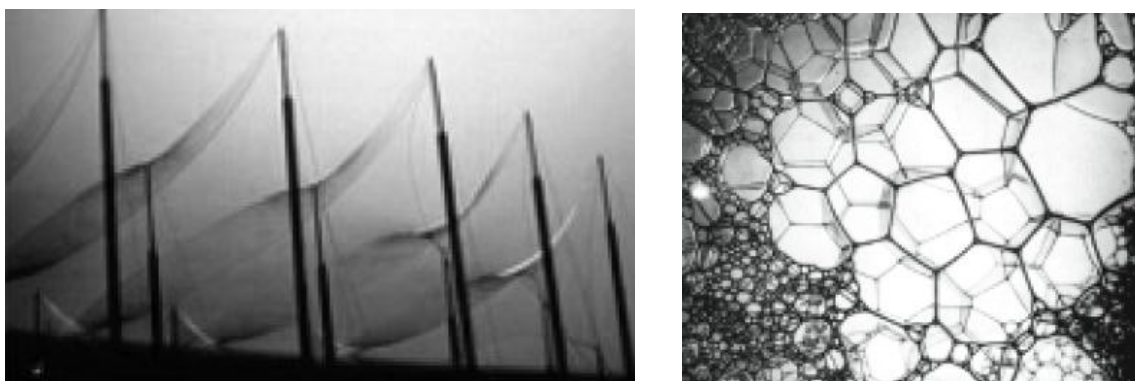


Figura 1.14. Izda: Maqueta realizada con películas de jabón en el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart. Dcha: experimento con espuma de jabón formando agregaciones.
Fuente: Songel, 2010

Esto convertirá a Otto en un autor sumamente singular, un autor considerado por la gran mayoría de arquitectos contemporáneos como el precursor e inspirador de las actuales investigaciones en el campo de la “arquitectura performativa”. Pese a ser relegada a un papel totalmente secundario durante la etapa de dominación del Movimiento Postmoderno, la vía de investigación iniciada por Otto resurgirá con especial fuerza hacia finales de los años 90 y comienzos del s.XXI, gracias al desarrollo de las herramientas digitales y la recuperación de valores ligados a la sostenibilidad y la eficiencia tectónico- ambiental de la arquitectura. Pese al escepticismo inicial de Otto con respecto a las herramientas digitales ⁸, en la actualidad ha quedado demostrada la validez de los nuevos medios de cara a desarrollar la vía de investigación iniciada por Otto, llevándola hacia nuevos horizontes de posibilidades. En la segunda parte de la tesis se estudiarán con mayor detalle todos estos casos.

1.4.4 Comentarios y conclusiones

Los autores estudiados en el presente apartado contribuirán a generar un nuevo escenario de investigación basado en la exploración de las relaciones y sinergias existentes entre los aspectos formales, constructivos y energéticos de la arquitectura. Esto implicará la adopción una visión integradora y holística, en la que el diseño y la construcción se convierten en algo más que la simple suma de soluciones industrializadas. Esta será la actitud que guíe el futuro de la investigación en el ámbito tectónico-ambiental, una investigación que a día de hoy sigue teniendo muy presentes a los autores citados en el presente apartado (no sólo Otto y Fuller, también Dieste, Nervi, etc.), los cuales se toman ejemplo y fuente de inspiración.

⁸ Otto siempre defendió el trabajo con experimentos físicos por sobre las simulaciones computacionales, afirmando que las herramientas informáticas “*se rigen según una lógica creada por el hombre, mientras que los fenómenos físicos se rigen según una lógica de la que todavía queda mucho por descubrir y conocer. Los experimentos físicos con maquetas se constituirían así en instrumento privilegiado para la invención, para encontrar lo no buscado, a diferencia del ordenador, donde, según Frei Otto, sólo encuentras lo que buscas, lo que en realidad conceptualmente ya está en él*” (Songel, 2010).

1.5_CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES

Tal y como hemos podido comprobar, nos encontramos ante un conjunto de propuestas sumamente amplio y diverso, propuestas comprometidas con la superación del pensamiento reduccionista y simplificador típico de la ortodoxia moderna y por lo tanto abiertas a un nuevo enfoque más consciente y adaptado a la verdadera complejidad de los problemas arquitectónicos y urbanos. Los casos estudiados en el presente apartado constituirán así el reflejo de un proceso de búsqueda y experimentación amplio y generalizado que servirá como base para el futuro desarrollo de la arquitectura compleja. Asimismo, se constatará la existencia de un interés creciente en conectar y vincular la disciplina arquitectónica con los conceptos procedentes de las ciencias y teorías de la complejidad, así como en incorporar o aprovechar las posibilidades ofrecidas por las herramientas digitales.

EXCURSUS: Comparación entre las funciones de la arquitectura propuestas en la presente tesis y las planteadas en la obra “The Autopoiesis of Architecture” de Patrik Schumacher.

Existen numerosas obras a las que se puede recurrir a la hora de reflexionar y debatir sobre las funciones de la arquitectura, muchas de ellas con mayor relevancia y peso histórico que la obra “*The Autopoiesis of Architecture*” (AoA) que analizaremos en el presente apartado. Sin embargo, nuestro propósito no será realizar un estudio histórico sino una reflexión rigurosa sobre las funciones de la arquitectura interpretadas desde el contexto contemporáneo. Es por ello que la obra de Schumacher constituye referente importante, así como ser uno de los principales “manifiestos” de la arquitectura compleja, y por lo tanto una de las obras clave en el análisis llevado a cabo en la presente tesis.

El primer rasgo destacable en la propuesta de Schumacher será la distinción de dos tipos de funciones: las funciones principales (“substantial” functions) y las secundarias (“subsidiary” functions). En realidad Schumacher establece una única función principal, la “función social”, la cual interpreta como “*the innovative framing of social interactions*” (Schumacher, 2012; 6). Para Schumacher la función principal de la arquitectura consistirá en proporcionar el marco y el entorno adecuados para facilitar y promover el desarrollo de las actividades y dinámicas propias de la sociedad en la que se inserta.

Para que este objetivo se cumpla, será necesario que la obra arquitectónica satisfaga previamente las denominadas “funciones secundarias”: la “función organizativa” (que la distribución física de los elementos arquitectónicos sea coherente con los usos proyectados para el edificio), la “función técnica” (que el edificio cumpla con los requerimientos estructurales, energéticos, etc.), la “articulación fenomenológica” (que la obra genere percepciones y sensaciones estimulantes y positivas) y la articulación semiológica (que los espacios sean legibles y proporcionen la información necesaria para poder interpretarlos correctamente). En definitiva, lo que Schumacher denomina como “función social” es en realidad un efecto o consecuencia del previo cumplimiento de las funciones descritas anteriormente.

Dentro de estas funciones subsidiarias, Schumacher tenderá a destacar la importancia de la “articulación semiológica”, presentándola como la principal tarea del arquitecto. Según Schumacher, las funciones organizativas y técnicas podrán ser abordadas en gran medida por especialistas o colaboradores, pero la función articuladora dependerá directamente del arquitecto, especialmente en lo que respecta a la dimensión semiológica, considerada como la más relevante a la hora de lograr la legibilidad del edificio.

Esto hará que Schumacher, a la hora de elaborar una propuesta concreta a nivel de diseño (“Parametricismo”), caiga en una actitud excesivamente centrada en los aspectos semiológicos, dejando en un segundo plano el resto de las dimensiones de la arquitectura. La propuesta de Schumacher tenderá pues a enfrascarse en aspectos semiológicos y formales, dando lugar a una aproximación arquitectónica reducida y específica que tenderá a distanciarse de las premisas holísticas y sociales que promulga al comienzo de AoA.

En la presente tesis trataremos de evitar las tendencias a favor de cualquiera de estas funciones, abordándolas desde un enfoque lo más neutral y equitativo posible. El objetivo es desprenderse de prejuicios o ideas predefinidas para analizar cada una de las vertientes de la manera rigurosa y objetiva. Tal y como demostraremos en la segunda parte de la tesis, cada una de estas cuatro funciones de la arquitectura será capaz de impulsar por sí misma importantes vías de trabajo e investigación en el ámbito de la arquitectura compleja, por lo que cada vertiente requerirá de la máxima atención.

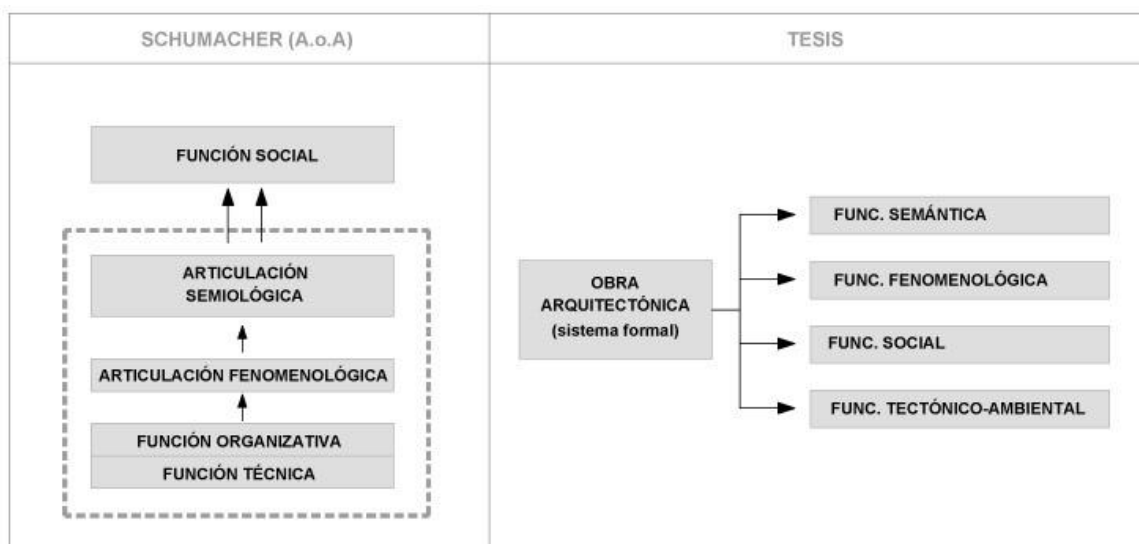


Figura 1.15. Esquema comparativo entre las funciones de la arquitectura propuestas por Schumacher y las consideradas en la presente tesis. Fuente: Jon Arteta

A diferencia de Schumacher, que sugiere una cierta jerarquía entre las diferentes funciones, optaremos por construir un esquema sin jerarquías, en el que cada función pueda ser comprendida y estudiada de manera independiente. No todos los discursos y planteamientos arquitectónicos enlazan las diferentes funciones según la jerarquía y el orden indicados por Schumacher, existen muchas otras maneras de hacerlo. Además, la mayoría de las vías de investigación existentes actualmente en el ámbito de la arquitectura responden a esquemas simplificados, a planteamientos radicales en los que se tiende a dar prioridad absoluta a una de estas funciones, obviando las demás o dejándolas en un plano totalmente secundario. Un esquema

libre de jerarquías resultará más operativo a la hora de estudiar este tipo de propuestas, y además dejará la puerta abierta a la futura construcción de múltiples maneras de combinar las diferentes funciones entre sí. De hecho, será en la última parte de la tesis cuando se comiencen a mezclar entre sí los diferentes discursos, vinculándolos y combinándolos entre sí para generar posibles vías de investigación conjuntas. El objetivo principal siempre será el de abordar la arquitectura compleja desde un enfoque holístico, pero esto solo será posible si previamente se dispone de un análisis profundo de sus bases, de todos sus posibles discursos y posicionamientos básicos.

Volviendo nuevamente a la comparación con la propuesta de Schumacher, será necesario constatar la existencia de ciertas diferencias en lo que respecta a la designación y caracterización de las categorías funcionales, especialmente en el caso de las funciones “organizativa” y “social”. En la presente tesis optaremos por suprimir lo que Schumacher denomina como “función organizativa”, al entender que describe un proceso interno de la disciplina y no una función en sí misma. La “función organizativa” de Schumacher hace referencia al proceso de diseño formal desarrollado por el arquitecto, un proceso previo a la existencia de la propia obra arquitectónica, y que por lo tanto antecede a cualquier tipo de efecto o función sobre el entorno físico o humano. El “proceso de diseño formal” no es un fin en sí mismo, sino un medio para poder cumplir y satisfacer las diferentes funciones de la arquitectura. En todas las vías de investigación se abordará el tema del diseño formal, pero cada vertiente lo hará bajo sus propias premisas y persiguiendo diferentes fines.

En lo que respecta a la “función social”, en nuestro caso podría definirse como “la capacidad de la arquitectura para influir sobre el comportamiento y el movimiento de la gente, posibilitando o fomentando el desarrollo de determinadas actividades y fenómenos sociales”. Tal y como demostraremos en la segunda parte de la tesis, existen vías de trabajo, como la desarrollada por Hillier, en las cuales se puede llegar a establecer un vínculo directo entre la forma/configuración arquitectónica y sus efectos sociales, sin necesidad de tratar o abordar previamente aspectos semánticos o fenomenológicos. Esto no ocurre en el caso de Schumacher, que considera imprescindible abordar el tema de la articulación semiológica como requisito previo para poder determinar la función social de la arquitectura.

Antes de terminar será necesario indicar que lo que se pretende a través de este texto “excuso” no es invalidar la propuesta de Schumacher, sino construir una alternativa más útil y adaptada a los fines del presente estudio. Evidentemente no existe una interpretación única sobre las funciones de la arquitectura, ni categorías suficientemente precisas como para describir el fenómeno arquitectónico en toda su complejidad. El objetivo deberá limitarse pues a la construcción de un modelo que sea lo más claro y explicativo posible, un modelo que se adapte al discurso que se pretende trazar.

Para finalizar, indicar que este texto también sirve para justificar la inclusión de Schumacher dentro de la vertiente “semántica” en la segunda parte de la tesis. Tal y como hemos indicado, el Parametricismo de Schumacher se centra principalmente en aspectos relativos a la comunicación y a la expresión formal, y no tanto en aspectos sociales. El Parametricismo (versión 1.0, AoA) escasamente profundiza sobre los aspectos relativos al funcionamiento real de los edificios, o sobre el impacto que estos pudiesen tener sobre el desarrollo de diferentes dinámicas urbanas, información que sí nos proporcionan otras vías de investigación realmente vinculadas a la vertiente social de la arquitectura como es el caso de la sintaxis del espacio de B.Hillier o las simulaciones desarrolladas por M.Batty/CASA.

CAPÍTULO 2_ EL “PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD” EN CIENCIA Y FILOSOFÍA

2.0_INTRODUCCIÓN

Las “teorías de la complejidad” se han convertido en una fuente de inspiración constante para la investigación arquitectónica desde del s.XX hasta la actualidad. La incorporación de conceptos y herramientas procedentes de dichas teorías han posibilitado el desarrollo de nuevas vías de trabajo e investigación en el campo de la arquitectura, dando origen a lo que hemos denominado como “arquitectura compleja”. Es por ello que resultará fundamental tener un conocimiento más profundo de todas estas teorías, siendo ésta la tarea fundamental que nos ocupará en el presente capítulo.

El “paradigma de la complejidad” puede definirse como un conjunto de teorías científicas y filosóficas que se presentan como alternativa al pensamiento cartesiano y mecanicista típico de la tradición occidental, proponiendo una nueva manera de ver y estudiar el mundo. Las teorías de la complejidad contribuirán a combatir la visión simplificadora y reduccionista de la ciencia moderna para dar paso a una nueva cosmología guiada por conceptos como “sistema”, “no-linealidad”, “autoorganización”, “emergencia”, etc. A pesar de tratarse de teorías sumamente diversas, todas ellas comparten un enfoque y un universo conceptual muy similar, lo que lleva a considerarlas como parte de un mismo paradigma global.

Asimismo, cabe señalar que dentro de este cajón de sastre encontraremos teorías con diferentes grados de aceptación y crítica por parte de la comunidad científica (Reynoso, 2006; 4); las teorías de la complejidad constituyen pues un campo de estudio pero también de debate dentro de las diferentes disciplinas. Así pues, a diferencia de lo que pudiese parecer, la ciencia no es necesariamente una fuente de certidumbres, sino que debe entenderse más bien como un soporte para el desarrollo de búsquedas y experimentos comunes. Además, el traslado de estas teorías del campo de la ciencia/filosofía al ámbito de la arquitectura puede producirse bajo diferentes enfoques y criterios, dando lugar un escenario sumamente diverso en el que la complejidad se concibe como una herramienta para la investigación más que como un argumento que fomente el determinismo discursivo o la legitimación de unas propuestas sobre otras.

2.0.1 Antecedentes

Tal y como acabamos de ver, las teorías de la complejidad impulsarán el surgimiento de un nuevo paradigma en el campo de la ciencia y el pensamiento, superando así el pensamiento mecanicista y cartesiano de la ciencia clásica. Durante la segunda mitad del s. XIX, sin embargo, aparecerán diversas teorías y propuestas que de alguna manera anuncian tempranamente este cambio de paradigma, teorías que ponen en tela de juicio el conocimiento científico existente hasta el momento, abriendo así las puertas a un nuevo contexto de búsqueda y experimentación. El sociólogo G. Rodríguez Zoya hablará así de la *“emergencia progresiva de la complejidad como problema implícito en la ciencia”* (Rodríguez Zoya, 2010) a partir de la segunda mitad del s. XIX, siendo que la complejidad no se convertirá en un tema de estudio explícito y sistemático hasta mediados del s. XX.

Zoya hará alusión a diferentes *“itinerarios de la complejidad implícita”* (Rodríguez Zoya, 2010), es decir, diferentes teorías y vías de trabajo que revelarán la existencia de carencias o incongruencias en los modelos previos, avanzando así hacia un nuevo horizonte en el campo del conocimiento. Algunas de estas teorías serán, por ejemplo, la “Teoría de la Evolución” de C. Darwin, 1859 (que se opone al segundo principio de la termodinámica, según la cual el universo debería tender siempre hacia el desorden); el “Problema de los 3 cuerpos” de H. Poincaré, 1887 (considerado como el antecedente de las teorías del caos); el “Principio de Incertidumbre” de W. Heisenberg, 1927 (que acabará con las aspiraciones deterministas); la teoría de la “Dualidad onda-corpúsculo” de Broglie, 1924 (antecedente de la física cuántica), el “Teorema de la Incompletitud” de Gödel (1931), etc.

En definitiva, lo que se describe aquí es el surgimiento de un clima de búsqueda, de cambio, un clima que indirectamente anunciará la necesidad de nuevas propuestas en el campo de la ciencia y el conocimiento. Más adelante veremos cómo se concreta todo esto en el surgimiento del paradigma de la complejidad, pero para ello primero será necesario introducir algunos conceptos clave:

2.0.2 El concepto de “Sistema”

Para entender en qué consiste exactamente el paradigma de la complejidad lo mejor será partir explicando uno de sus conceptos centrales, si no el más importante: el concepto de “sistema”. Todas las teorías de la complejidad harán alusión a este concepto y lo utilizarán de manera recurrente en el desarrollo de sus ideas y principios.

Primeramente será necesario aclarar que el término “sistema” nace mucho antes del surgimiento de las teorías de la complejidad: lo único que harán estas es readaptar y redefinir un concepto existente previamente. Así, autores como J.M. Montaner detectarán la presencia temprana de este término en algunos escritos del s.XVIII, tales como el “*Tratado de los sistemas*” (1749), de E.B. Condillac, o “*Crítica de la razón pura*” (1781) de Immanuel Kant, entre otros (Montaner, 2009; 10). Nos encontramos pues ante un término empleado a lo largo de la historia con muy diversos fines, lo cual lo convierte en un concepto semánticamente ambiguo y susceptible de interpretaciones diversas.

La definición más genérica posible sería aquella que presenta el concepto de sistema como un “conjunto de elementos relacionados entre sí”. Según esta acepción, todo lo que nos rodea puede ser interpretado en clave de sistema, cualquier tipo de fenómeno natural, social, etc. Sin embargo, será posible distinguir diferentes tipos de sistemas, dependiendo de la cantidad de elementos que los compongan así como del tipo de interacciones que se produzcan entre dichos elementos.

Tipos de Sistemas

Uno de los trabajos clave a la hora de poder distinguir los diferentes tipos de sistemas es el artículo “*Science and Complexity*” (1948), del científico norteamericano Warren Weaver. Weaver, considerado como uno de los padres de la “Teoría de la Información” junto con Claude E. Shannon¹, utilizará este artículo para reivindicar la necesidad de nuevos modelos dentro de la ciencia, la necesidad de un nuevo enfoque que posteriormente se traducirá en lo que conocemos como paradigma de la complejidad.

En “*Science and Complexity*” Weaver propone la existencia tres “tipos de problemas”, tres posibles maneras de entender y modelar los fenómenos para poder estudiarlos desde un punto de vista científico. Cada uno de estos problemas, a su vez, se corresponderá con una manera diferente de interpretar la naturaleza sistémica de nuestro entorno, pudiendo distinguir así tres tipos de problemas /sistemas:

¹ Claude E. Shannon y Warren Weaver publican en el año 1948 un artículo titulado “Teoría matemática de la Comunicación”, el cual se considera como el inicio de la también denominada “Teoría de la Información”. Dichas teoría trata sobre las leyes matemáticas que rigen la transmisión y el procesamiento de la información, y por lo tanto constituye uno de los pilares fundamentales de la ciencia de la computación.

Problemas/Sistemas de “Simplicidad” :

Los problemas de simplicidad serían aquellos cuyo planteamiento contempla un número muy reducido de variables, generalmente dos, las cuales se relacionan entre sí a través de lógicas lineales de causa-efecto. Este es el modelo seguido por la ciencia tradicional hasta finales del s XIX y que tiende a describir el mundo como si se tratase de una máquina, con un funcionamiento claro y predecible (determinista). En un contexto de simplicidad, cualquier fenómeno aparentemente complejo puede interpretarse como una suma de problemas o fenómenos simples; la realidad puede ser descompuesta y estudiada por partes.

Problemas/Sistemas de “Complejidad Desorganizada”:

Los problemas de complejidad desorganizada contemplan la existencia de numerosos elementos o variables que se relacionan e interactúan entre sí de manera aparentemente caótica o desordenada. En este tipo de problemas el investigador desconocerá las leyes exactas que rigen el comportamiento de los diferentes elementos (por ello suelen denominarse modelos de “caja negra”), pero sí que será capaz de predecir sus resultados finales gracias a la matemática estadística. En este caso no nos encontramos ante leyes deterministas, conducentes a resultados claramente definidos, sino ante leyes probabilísticas, indicadoras de campos de posibilidad.

Problemas de “Complejidad Organizada”:

Tal y como indica Weaver, *“scientific methodology went from one extreme to the other- from two variables to an astronomical number - and left untouched a great middle region”*. (Weaver, 1948). El científico norteamericano reivindicará así la existencia de un tercer tipo de problemas, los problemas de “complejidad organizada”, que hasta el momento no habían sido considerados por la ciencia. Los problemas de complejidad organizada contemplan la existencia de un número moderado de elementos (entendiendo por moderado un número muy superior al par de incógnitas típico de los problemas de simplicidad y notablemente inferior a los ingentes volúmenes de datos manejados por la estadística) cuyo comportamiento manifiesta signos de orden u organización. En palabras del propio Weaver: *“the really important characteristic of the problems of this middle region, which science has as yet little explored or conquered, lies in the fact that these problems, as contrasted with disorganized situations with which statistics can cope, show the essential feature of organization”*.(Weaver,1948).

El científico estadounidense citará así numerosos casos o problemas a los cuales no se había conseguido dar respuesta desde los métodos tradicionales

(pertenecientes a diferentes ramas de la ciencia tales como la biología, la psicología, la medicina, así como las política y la economía, precisamente porque requerían de un enfoque diferente basado en este tercer tipo de modelo, el modelo de la “Complejidad Organizada”, que posteriormente se conocerá también como “Modelo Sistémico”.

El nuevo campo de investigación abierto por Weaver encontrará continuidad en lo que aquí hemos denominado como “Teorías de la Complejidad”, gracias a las cuales se logrará tener un conocimiento más profundo y preciso de los principios y mecanismos que rigen los problemas de complejidad organizada.

Otra de las características fundamentales de este tipo de sistemas es que el conjunto global posee propiedades distintas a la de sus componentes tomados en forma aislada: El todo es más (y es distinto) que la suma de sus partes (concepto de sinergia y de visión holística). Las interacciones entre elementos generan conjuntos complejos en los que la linealidad entre causa y efecto se rompe, abriendo el paso a un universo no lineal.

Asimismo, los problemas de complejidad organizada nos remitirán a una nueva manera de entender el concepto de orden, un orden que no es determinista ni indeterminista, sino que se sitúa en un punto intermedio entre ambos. Deberíamos hablar así de patrones de orden, de tendencias detectables pero al mismo tiempo abiertas a ciertos grados de incertidumbre.

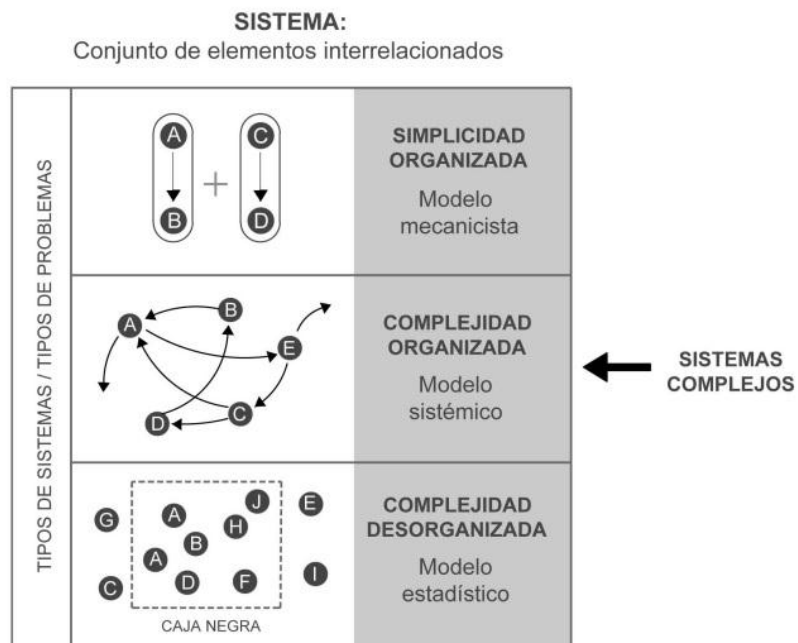


Figura 2.1. Esquema con los diferentes tipos de sistemas.
Fuente: Jon Arteta

Los “Sistemas de Complejidad Organizada”

Tal y como hemos podido comprobar, todos los fenómenos pueden entenderse en clave sistémica, siempre y cuando utilicemos el término en su acepción más amplia. Sin embargo, en la literatura científica actual el concepto de sistema tenderá a utilizarse de una manera más acotada, haciendo referencia exclusivamente a los “Sistemas de Complejidad Organizada”. Esta es la acepción utilizada en las denominadas “teorías de la complejidad”, y la que utilizaremos a partir de ahora en la presente tesis. Así pues, siempre que utilicemos el término “sistema” nos estaremos refiriendo a los “sistemas de complejidad organizada”.

2.0.3 El “Paradigma de la Complejidad”

El enfoque propuesto por Weaver invitará a repensar la manera en que estudiamos y concebimos nuestro mundo, promoviendo así un cambio de perspectiva a nivel global. El concepto de “complejidad organizada” se extenderá así a través de las diferentes disciplinas y ramas del saber inspirando nuevas vías de investigación y promoviendo el surgimiento de un nuevo paradigma global. Esto no quiere decir, sin embargo, que el modelo de la complejidad organizada se imponga o desplace necesariamente a los otros modelos. Tal y como indica C.Reynoso: *“una misma realidad empírica, diferentemente volcada sobre una teoría, puede ser objeto de cualquiera de los tres tipos de modelos expuestos, con mayor o menor productividad.”* (Reynoso, 2006; 16). Así pues, las teorías de la complejidad simplemente ofrecerán la posibilidad de estudiar la realidad en base a un nuevo modelo, un modelo cuya adecuación y eficacia deberá ser valorada en cada caso.

Uno de los campos que se beneficiará directamente de este nuevo paradigma será evidentemente el campo de la arquitectura y el urbanismo. La periodista Jane Jacobs, en su libro *“Death and Life of great American Cities”* (1961), hará referencia a los textos y términos planteados por Weaver para reivindicar un nuevo enfoque dentro de la disciplina urbanística: *“¿Por qué las ciudades no se han identificado, comprendido y tratado desde hace tiempo como problemas de complejidad organizada? Si la gente que está involucrada en las ciencias de la vida fue capaz de identificar sus problemas difíciles como problemas de complejidad organizada, ¿por qué los que están profesionalmente involucrados con las ciudades no han sido capaces de identificar la clase de problemas que ellos afrontan?”* (Jacobs, 1961; 434). Estas mismas preguntas serán las que guíen el trabajo de numerosos arquitectos e investigadores durante la segunda mitad del s.XX y comienzos del XXI, dando lugar a un proceso de búsqueda común que se cuyo estudio se convertirá en el leit-motiv de la presente tesis.

EXCURSUS: Comentarios sobre el libro “Sistemas Arquitectónicos Contemporáneos” de Josep María Montaner

En el presente apartado nos hemos dedicado a acotar y precisar lo más posible el significado del término “sistema”, analizando sus posibles interpretaciones y sus implicaciones a la hora de aplicarlo sobre otras disciplinas. Con el objetivo de afianzar conceptos y lograr la máxima claridad conceptual, consideraremos conveniente revisar de manera crítica algunos de los textos existentes actualmente en este ámbito, centrándonos especialmente en la obra “*Sistemas Arquitectónicos Contemporáneos*” del arquitecto catalán Josep María Montaner (Montaner, 2009).

En este libro, Montaner indica que su intención es estudiar la arquitectura en clave sistémica, prestando atención a las relaciones existentes entre los diferentes elementos arquitectónicos, a la manera en que éstos se relacionan entre sí y con su entorno, distinguiendo diferentes categorías: sistemas racionales, sistemas orgánicos, universos de la realidad y del tiempo, estructuras de la memoria, etc. Tal y como se puede comprobar en la designación de las diferentes categorías, el discurso será sumamente amplio y diverso, abarcando todo tipo de arquitecturas y estilos, incluyendo también al Movimiento Moderno. Según Montaner, el Movimiento Moderno constituirá una época clave de cara a superar la concepción tradicional de la arquitectura, basada en la concepción de la obra arquitectónica como un “objeto” aislado, para promover una visión más “relacional” y “sistémica” caracterizada por una arquitectura que dialoga y se relaciona con su contexto natural y humano.

Tal y como se puede comprobar, lo que reivindica Montaner es la adopción de una visión sistémica en su sentido más amplio, oponiéndola a lo que sería la visión “objetual” de los estilos clásicos. Así pues, dentro de esta visión existirá espacio para todo tipo de sistemas, incluyendo los sistemas simples o “sistemas de simplicidad”, encarnados por las propuestas de los arquitectos modernos (y englobados dentro del capítulo “sistemas racionales”). El posicionamiento de Montaner es por lo tanto diferente al adoptado en la presente tesis, ya que en nuestro caso abordaremos solamente las propuestas relacionadas con el tercer tipo de sistemas, los “sistemas de complejidad organizada”. De hecho, ésta será la postura adoptada por la mayoría de los autores vinculados explícitamente con la arquitectura compleja, como por ejemplo Charles Jencks, Patrik Schumacher o Christopher Alexander, los cuales convertirán al Movimiento Moderno y su visión simplificada del mundo en el foco de crítica común.

Asimismo, una vez entendido que Montaner adopta el concepto de sistema en su versión más generalista, cabrá preguntarse si sólo la arquitectura contemporánea (incluyendo como tal al Movimiento Moderno) es susceptible de ser entendida en clave de sistema. ¿Por qué fijar la barrera en el Movimiento Moderno? El historiador y crítico de arquitectura Mario Carpo, por ejemplo, destacará la importancia de las relaciones y los parámetros en la descripción de los órdenes clásicos, tal y como puede comprobarse en el trabajo de tratadistas como Alberti (Carpo, 2016). En realidad

cualquier tipo de arquitectura puede ser vista y estudiada en clave de sistema, pero lo que busca realmente Montaner es distinguir entre los “sistemas cerrados” de la arquitectura clásica, basados en sus propias leyes internas de composición, y los “sistemas abiertos” de la modernidad, liberados de la rigidez compositiva para establecer una relación más flexible y fluida con su entorno próximo.

Sin duda existe un cambio notable entre ambas concepciones, pero ello no quita para que los sistemas modernos sigan considerándose como sistemas excesivamente simples y reduccionistas. La Carta de Atenas, por ejemplo, estará basada en consideraciones de carácter social y ecológico, pero la manera de abordar estos aspectos será esquemática y abstracta: la ciudad se concibe como una máquina, dividida en funciones esenciales, sus habitantes como ciudadanos ideales, estandarizados y de vida espartana, etc. lo cual nos remitirá nuevamente a los autores vinculados a la arquitectura compleja y sus críticas hacia la ortodoxia moderna.

Sin embargo, tampoco sería justo decir que todas las obras de la modernidad son necesariamente simplistas, ya que, tal y como demuestra Montaner, existen ejemplos excepcionales de diseños realmente complejos e integrados con el entorno natural y social. Sin embargo, debemos ser conscientes de que estas propuestas surgen sin que exista una consciencia real de lo que implica la complejidad organizada (en las fechas en las que fueron creadas estas obras dicho concepto ni siquiera había sido formulado), y por lo tanto se deben más a intuiciones personales aisladas que a tendencias o búsquedas de carácter global. Lo que hace Montaner en gran parte de su libro es reinterpretar la historia “a posteriori”, repensándola desde un enfoque contemporáneo basado en los nuevos conceptos procedentes de la sistémica y la complejidad. Evidentemente, tal y como queda demostrado en el libro de Montaner, este ejercicio puede resultar sumamente interesante y productivo, pero nunca servirá para argumentar que la “arquitectura sistémica” o la “arquitectura compleja” surge en la época moderna o en cualquier otro período previo. Es por ello que en la presente tesis otorgaremos una importancia vital a la existencia de referencias y citas “explícitas” a las teorías de la complejidad por parte de los autores estudiados.

2.0.4 “Teorías de la Complejidad” . Hacia una visión conjunta de la Ciencia y la Filosofía de la Complejidad

Tal y como hemos ido apuntando a lo largo de la tesis, el paradigma de la complejidad constituye un fenómeno transversal que influirá tanto en el ámbito de las ciencias como en el de las humanidades. Evidentemente su origen debe ubicarse en el ámbito de la ciencia, con aportaciones fundamentales como el artículo de Weaver visto anteriormente, la “Teoría General de Sistemas” de Bertalanffy o las denominadas “Ciencias de la Complejidad”, pero ello no quita para que los conceptos y herramientas procedentes de estas teorías se vayan extendiendo e incorporando a otros campos del saber. De hecho, muchas de las disciplinas consideradas como “ciencias blandas” recurrirán a estos recursos para dar un mayor rigor científico a sus respectivas áreas de estudio. Uno de los casos más representativos de este tipo de actitud será el del antropólogo argentino Carlos Reynoso, en cuya obra se reivindica constantemente la necesidad de renovar el instrumental metodológico de las ciencias sociales, apostando abiertamente por el trabajo con formalismos y modelos matemáticos asociados a la complejidad (Reynoso, 2010).

Asimismo, otra de las áreas que se verá directamente impulsada y estimulada por los avances en el ámbito de las ciencias complejas será el campo de la filosofía, que encontrará en los términos e ideas de la complejidad un recurso fundamental para desarrollar nuevos horizontes de reflexión. De hecho, serán numerosos los científicos que complementen o amplíen sus teorías incursionando en temas de carácter filosófico. Este será el caso de autores como el biólogo Ludwig von Bertalanffy, que incluirá numerosos comentarios de carácter filosófico en su *“Teoría general de Sistemas”*, o los físicos Fritjof Capra e Ilya Prigogine, con obras como *“The Tao of Physics”* (1975) y *“La Nueva Alianza”* (1979), respectivamente.

Sin embargo, no se puede decir que la integración y cooperación entre ambos campos sea parte de la tónica general. Pese a disponer de una innegable vinculación de fondo, la relación entre ciencia y humanidades tenderá habitualmente a la confrontación y la competencia mutua, dando lugar a un escenario confuso y poco colaborativo. El ámbito de la complejidad constituirá un campo de batalla más, donde cada disciplina tratará de defender su validez y su ámbito de competencia. Uno de los ejemplos más representativos de esta confrontación entre ambos campos del saber será el libro *“Imposturas Intelectuales”*, de A. Sokal y J. Bricmont, en el cual se acusa a los filósofos de hacer un uso poco riguroso o incorrecto de la terminología científica, en un intento de crear textos con una apariencia más profunda o sofisticada.

Esta será una crítica ampliamente extendida entre la comunidad científica, que sin embargo encontrará respuesta en autores como el profesor William González, el cual argumenta que *“el objetivo de la filosofía no es emplear los términos de la ciencia en su sentido literal, sino adaptarlos para darles una “consistencia filosófica”* (González, 2002), con el fin de traducirlos al lenguaje propio de la disciplina y poder

así emplearlos para la búsqueda y desarrollo de nuevos horizontes de reflexión. En la presente tesis apoyaremos la postura del profesor González, apostando así por la complementariedad y el enriquecimiento mutuo entre los diferentes campos del saber. El paradigma de la complejidad organizada solo podrá ser comprendido en profundidad a partir del estudio conjunto de sus versiones científica y humanística. Autores como L.Rodríguez Zoya y J.L. Aguirre confirmarán esta misma postura afirmando que:

“Pensamiento complejo y ciencias de la complejidad son dos modos de abordaje que se ignoran mutuamente con pocos puntos de contacto sistemáticos y explícitos. Tomados aisladamente, cada uno de ellos es en sí mismo insuficiente. Mirados con ojos críticos, el pensamiento complejo presenta una hipertrofia filosófica, es como un cuerpo con una gran cabeza pero con manos pequeñas: puede pensar y decir mucho, pero hacer poco. Las ciencias de la complejidad presentan una hipertrofia práctica, son como un cuerpo con una cabeza diminuta pero con brazos y manos ágiles y fuertes: pueden hacer mucho, pero pensar poco. Hay una complementariedad necesaria entre pensamiento y ciencias de la complejidad. (...) Considero que el desafío más fundamental es estimular el desarrollo de las ciencias de la complejidad guiadas por un pensamiento complejo”. (Rodríguez Zoya & Aguirre, 2011)

En el presente trabajo de investigación apoyaremos pues esta idea y por ello analizaremos dentro del mismo capítulo las teorías procedentes tanto del ámbito de la ciencia como de la filosofía.

2.0.5 Las Vertientes del Paradigma de la Complejidad

Todas las teorías de la complejidad partirán de un supuesto base: la existencia leyes y modelos comunes a todos los sistemas, independientemente de su naturaleza. Da lo mismo que se trate de sistemas biológicos, sociales, urbanos, etc., todos estarán sometidos a ciertas leyes comunes o universales: el objetivo de las teorías de la complejidad consistirá en descubrir dichas leyes y en expresarlas de manera tal que resulten productivas para la resolución de problemas prácticos o bien para la construcción de nuevos modelos de comprensión científica y filosófica. Nos encontramos pues ante un proceso de búsqueda común que sin embargo podrá abordarse desde diferentes posturas o posicionamientos. Así, dentro del campo de la “Complejidad Organizada” será posible distinguir dos grandes enfoques o tendencias, dos posibles maneras de entender y aproximarse al estudio de los sistemas:

-En primer lugar estará el “enfoque sistémico”, que será el enfoque predominante durante los primeros años de desarrollo del nuevo paradigma, cuyo objetivo principal consistirá en identificar fenómenos de carácter sistémico dentro del ámbito natural y social, y en explicar su funcionamiento y principios a través de diversos recursos matemáticos y lógicos, entre los cuales destacará el bucle de realimentación. Tal y como veremos más adelante, la utilización de este tipo de

modelos llevará a entender los sistemas como entidades en equilibrio (dinámico), entidades capaces de autorregularse y de adaptarse a eventuales cambios o irritaciones procedentes del exterior del sistema. Dentro de esta vertiente podremos encontrar propuestas como la cibernética, la “Teoría General de Sistemas”, la “Dinámica de Sistemas” de, la teoría de la “Autopoiesis”, etc.

-En segundo lugar tendremos el “enfoque complejo”, el cual irá cobrando protagonismo hacia finales del s.XX y comienzos del XXI, gracias al desarrollo de las denominadas “ciencias de la complejidad”. El objetivo de este nuevo conjunto de teorías ya no consistirá en describir el funcionamiento de sistemas en equilibrio, sino en determinar cómo surgen esos sistemas, cómo se produce el paso del desorden al orden, de los fenómenos simples a los complejos. Ya no hablaremos de equilibrio y control sino de emergencias y transformaciones, de catástrofes y cambios de fase. Para ello se recurrirá a la utilización de modelos y formalismos matemáticos diversos, tales como los autómatas celulares, los agentes vida, etc. Dentro de este segundo grupo recogeremos propuestas como las “Teorías del Caos”, la “Teoría de Catástrofes”, el “Pensamiento Complejo”, etc.

Será necesario señalar que los límites entre estas dos posturas no siempre serán claros, ya que ambas comparten campos de estudio similares, así como un universo conceptual común. Es por ello que en la literatura científica y filosófica tienden a considerarlas como parte de un mismo paradigma. Sin embargo, tal y como acabamos de señalar, también será posible detectar ciertas diferencias en lo que respecta a sus respectivos enfoques y herramientas, y por ello será importante acometer un estudio más detallado.

A continuación se analizarán las principales teorías vinculadas al paradigma de la complejidad, describiendo los conceptos y fundamentos más importantes de cada propuesta de una manera lo más sintética y clara posible. El objetivo de este capítulo no es profundizar en la parte más técnica o matemática de las propuestas, sino aclarar los conceptos más relevantes de las mismas, que son los que posteriormente servirán a los arquitectos para articular sus discursos. La idea por lo tanto es que el presente apartado sea divulgativo y útil de cara a comprender el significado y el potencial práctico (desde un punto de vista arquitectónico) de dichas teorías.

2.1_EL ENFOQUE SISTÉMICO

Anteriormente hemos visto cómo el artículo “*Science and Complexity*” de Warren Weaver servía para establecer las primeras nociones entorno al concepto de “Complejidad Organizada”, unas nociones de carácter intuitivo que precisarán de teorías y herramientas más elaboradas y operativas para poder convertirse un verdadero modelo para la ciencia. El empuje necesario para dar este paso vendrá dado por el aporte de disciplinas como la cibernética, así como por la denominada “Teoría General de los Sistemas” de Ludwig von Bertalanffy. Asimismo, estos primeros planteamientos serán ampliados y complementados con propuestas como la “Dinámica de Sistemas” de Jay Forrester, la teoría de la “Autopoiesis” de Humberto Maturana y Francisco Varela, o las interpretaciones humanísticas de Niklas Luhmann, con su “Teoría General de la Sociedad”. En el presente apartado nos dedicaremos a estudio de todas estas teorías, a las que sumaremos un último apartado dedicado a los “grafos”, otra de las herramientas clave de cara al desarrollo del enfoque sistémico.

2.1.1 Cibernética

La cibernética, también conocida como “teoría de los mecanismos de control”, fue formulada por Norbert Wiener en el año 1947, a través de una publicación que recogía las investigaciones desarrolladas ya desde comienzos de los años 40. El surgimiento de esta disciplina suele vincularse a los trabajos realizados por Wiener en el ámbito militar, donde tuvo que hacer frente al reto de construir máquinas capaces de autorregularse o autoajustarse, como en el caso de los cañones antiaéreos, que recalculan su posición en cada disparo hasta alcanzar el blanco. El recurso utilizado por Wiener para alcanzar dicho propósito consistirá en la introducción del concepto de “retroalimentación”, “bucle de realimentación” o “feedback”².

La RAE define la realimentación como la acción de “*alimentar un sistema o circuito mediante el retorno de una parte de su salida*” (RAE, 2017). Esto implicará la existencia de una lógica circular, y por lo tanto no-lineal, en la cual los efectos pasan a convertirse en causas. Es por ello que el principio de realimentación también suele conocerse como “principio de las líneas causales circulares”. Asimismo, es posible señalar la existencia de dos tipos de bucles de realimentación:

² Tal y como indica C.Reynoso, “Wiener no inventó el feedback sino que lo integró en una teoría general de los circuitos o mecanismos de control (...) El creador de la idea de feedback fue probablemente Harold Black, tan temprano como en 1927. (Reynoso, 2006; 22).

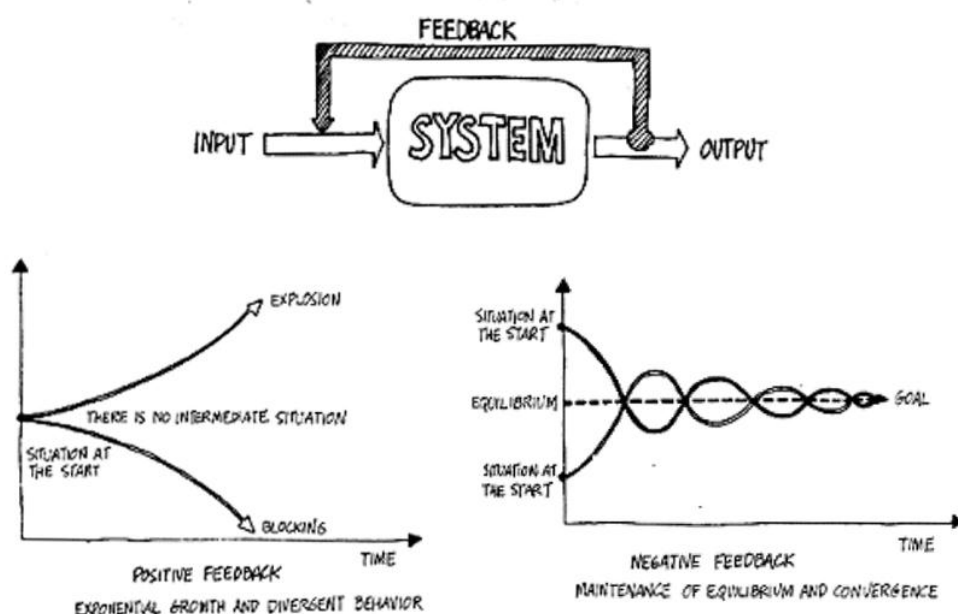


Figura 2.2. Esquemas explicativos del concepto de realimentación. Fuente: ROSNAY, 1979

-Bucles de realimentación negativos-> son aquellos en los que la realimentación permite que el sistema se autorregule, permitiéndole alcanzar determinados objetivos o estados de equilibrio. Uno de los ejemplos más citados es el del termostato que regula la temperatura de una sala manteniéndola estable. En este punto merecerá la pena destacar también el trabajo de W.R. Ashby, colega de Wiener y autor del primer dispositivo mecánico autorregulado, el “homeostato de Ashby”.

-Bucles de realimentación positivos-> son aquellos en los que la realimentación provoca un incremento exponencial de los efectos. En términos coloquiales podríamos describirlo como un “efecto bola de nieve”.

En el libro “Cibernética” Wiener no se limita a explicar el funcionamiento de los sistemas mecánicos, sino que tratará de exportar su modelo también hacia el campo de la biología, la psicología y lo social. De hecho, al igual que sucederá en el caso de la TGS, el objetivo de Wiener consistirá en crear una nueva rama de la ciencia que sea transversal y aplicable a diferentes disciplinas. Evidentemente uno de los campos beneficiados de esta actitud será el campo de la arquitectura y el urbanismo, gracias a los aportes de autores como Stafford Beer o Gordon Pask, entre otros. Beer, por ejemplo, será uno de los primeros en aplicar los principios de la cibernética para la creación de una “ciudad inteligente”, a través del proyecto “Synco” / “Cybersyn”³. El ciberneta Gordon Pask, por su parte, participará directamente en el

³ Synco o “Cybersyn” fue un proyecto encargado por el ex-presidente de Chile Salvador Allende (1971-1973) para poder hacer un seguimiento de las diferentes actividades económicas del país en tiempo real. El proyecto, dirigido por Stafford Beer, nunca llegó a implementarse.

desarrollo de proyectos arquitectónicos, como en el caso del “Fun Palace”, realizado junto al arquitecto británico Cedric Price. A esto habrá que sumar además la labor de Pask como docente en la Architectural Association, así como sus aportes a la teoría arquitectónica, con textos como el artículo “*The Architectural relevance of Cybernetics*”, publicado en el año 1969.

2.1.2 Teoría General de Sistemas (TGS)

La “Teoría General de Sistemas” consiste, tal y como lo indica su creador, el biólogo y filósofo austriaco Ludwig von Bertalanffy, en “*la formulación y derivación de aquellos principios que son válidos para los sistemas en general. Sea cual fuere la naturaleza de sus elementos componentes y las relaciones o fuerzas reinantes entre ellos*”. (Bertalanffy, 1989; 37). Nos encontramos pues ante una teoría absolutamente transdisciplinar que aspira a promover una actitud de diálogo e integración entre las diferentes ramas del saber.

Pese a la tardía publicación de la “*Teoría General de Sistemas*” como obra consolidada (el libro se edita por primera vez en el año 1968), nos encontramos ante una vía de investigación prolongada que según el propio autor se iniciará hacia finales de los años 30 y comienzos de los 40. Esto quiere decir que la teoría de Bertalanffy se desarrolla de manera simultánea y en estrecha relación con teorías como la cibernética, la teoría de la información, la teoría de los autómatas, la topología, la teoría de grafos, etc. Cabe señalar que si bien Bertalanffy reconoce y analiza los aportes realizados por estas disciplinas, su teoría aspira a un grado de generalidad mayor que todas ellas, lo cual subrayará especialmente en el caso de la cibernética: “*la cibernética no es sino parte de una teoría general de los sistemas; los sistemas cibernéticos son un caso especial- por importante que sea- de los sistemas que exhiben autorregulación*” (Bertalanffy, 1989; 16).

El planteamiento de Bertalanffy consistirá pues en establecer una expresión matemática general (a través de un sistema de ecuaciones diferenciales simultáneas), válida para todo tipo de sistemas, y a partir de ella plantear variantes que permitan estudiar diferentes tipos de sistemas y fenómenos concretos. Así pues, la investigación de Bertalanffy será principalmente empírica, con análisis de casos sumamente diversos relativos a sistemas metabólicos, psicológicos, económicos, demográficos, etc. De hecho, el propio autor indica que “*se debe buscar la aplicación del concepto de sistema en los ámbitos más vastos posibles, así los grupos humanos, las sociedades y la humanidad en conjunto*” (Bertalanffy, 1989; 204).

En definitiva, lo que se busca es la identificación de características estructurales (formales) comunes a diferentes disciplinas, lo que se conoce como “isomorfismos”. La búsqueda de isomorfismos se convertirá así en el objetivo central de Bertalanffy, así como de sus colegas y seguidores de la “Sociedad para la

Investigación General de Sistemas”, entre los que se puede encontrar a personajes destacados como el economista K.Boulding, el biomatemático A.Rapoport o el fisiólogo R.Gerard, entre otros.

El estudio matemático permitirá deducir a su vez ciertos principios o propiedades generales de los sistemas, creando así un valioso marco conceptual en el que destacarán conceptos como:

-“Holismo” -> El concepto de holismo se basa en la concepción del sistema como un conjunto de componentes y de relaciones entre ellos, que posee propiedades distintas a la de sus componentes tomados en forma aislada. El todo es más (y es distinto) que la suma de sus partes.

-“Sistema abierto” -> se denomina sistema abierto a aquel sistema que intercambia materia y energía con el medio circundante. Los sistemas cerrados, por oposición, serán aquellos que carezcan de dicho proceso de intercambio. Bertalanffy demostrará que las entidades biológicas y gran parte de los sistemas que nos rodean son sistemas abiertos.

-“Equilibrio dinámico”, “equilibrio estacionario” o “steady state” -> en los sistemas abiertos, la estabilidad no debe entenderse como algo estático sino como un proceso dinámico, como una actividad. Un sistema en estado estable es un ente dinámico capaz de responder dentro de ciertos márgenes a estímulos ambientales cambiantes.

-“Equifinalidad” -> en los sistemas abiertos puede alcanzarse el mismo estado final partiendo de diferentes condiciones iniciales y por diferentes caminos, a diferencia que los sistemas cerrados, en los que cualquier cambio en las condiciones iniciales provocará cambios directos en los resultados.

-“Causalidad y teleología” -> al igual que los mecanismos autorregulados de la cibernética, los sistemas suelen estar orientados a fines. Las interacciones entre elementos no son aleatorias o caóticas, sino que obedecen a ciertos objetivos. Son de carácter teleológico.

-“Orden Jerárquico” -> los sistemas están formados a su vez por subsistemas interrelacionados entre sí. Dichos subsistemas tienden generalmente a la especialización funcional, lo cual les otorgará ciertos grados de libertad y autonomía relativos.

2.1.3 Dinámica de Sistemas (DS)

El ingeniero e informático estadounidense Jay Forrester será uno de los pioneros en la aplicación de conceptos y herramientas procedentes de la sistémica al estudio de fenómenos de carácter social y urbano, gracias al desarrollo de un método conocido como “Dinámica de Sistemas” (DS).

La DS puede definirse como un método para modelar y analizar el comportamiento de los sistemas a lo largo del tiempo. Tal y como indicábamos anteriormente, los sistemas abiertos son sistemas en “equilibrio dinámico”, y por lo tanto estarán sometidos a posibles cambios o fluctuaciones dentro de su naturaleza estacionaria. Gracias a la combinación de bucles de realimentación positivos y negativos, así como a la calibración del ritmo de transferencia de información entre bucles, Forrester logrará modelar el comportamiento temporal estos sistemas, obteniendo datos que podrán ser representados e interpretados a través de gráficas matemáticas.

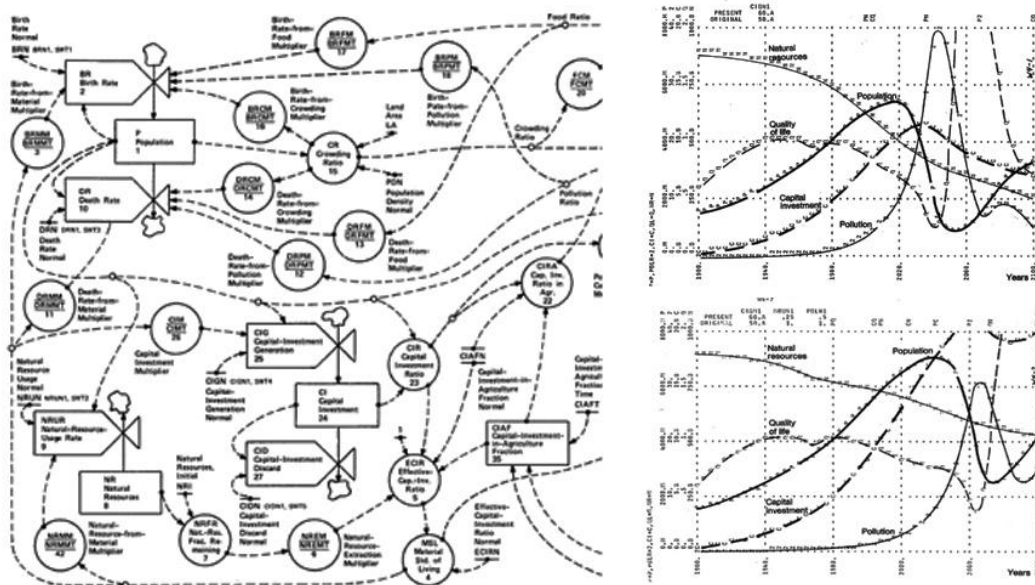


Figura 2.3. Diagramas pertenecientes al trabajo “World Dynamics” de Jay Forrester, en los cuales se puede observar el gran nivel de complejidad que pueden llegar a alcanzar los modelos de DS cuando se considera un número elevado de factores o variables.

Evidentemente nos encontramos ante casos que sobrepasan la capacidad de intuición/deducción humana, y que por lo tanto requieren de modelos matemáticos para su estudio. Fuente: Forrester, 1971

Uno de los primeros campos en los que Forrester demostrará la eficacia de su método será en el campo de la organización empresarial, ámbito al que dedicará una publicación titulada “*Industrial Dynamics*” (1961). Gracias a la DS Forrester logrará determinar, por ejemplo, las causas de las fluctuaciones en el negocio de la empresa

General Electric de Kentucky, obteniendo la explicación a un problema difícilmente abordable desde las herramientas tradicionales de análisis.

Estos logros iniciales le abrirán la puerta de nuevas colaboraciones, asociadas en su gran mayoría al ámbito de la ciudad y los asentamientos urbanos. En "*Urban Dynamics*" (1969), por ejemplo, podremos encontrar estudios y simulaciones relativas a diferentes políticas de planificación y sus efectos sobre las dinámicas sociales y urbanas (de Boston), mientras que en su tercer y última gran obra, "*World Dynamics*" (1971) estas predicciones aumentarán de escala para ofrecer una visión global sobre el desarrollo de los asentamientos humanos y su impacto sobre el medio ambiente a nivel mundial ⁴.

Una de las grandes aportaciones de Forrester, más allá de la productividad de su método, será la constatación del carácter contraintuitivo de muchos de los sistemas sociales ⁵, los cuales mostrarán a menudo efectos contrarios a lo esperado o intuitivo inicialmente. Este hecho ratificará la existencia de procesos no lineales y reforzará la necesidad de simular y evaluar la toma de decisiones complejas por medio de modelos sistémicos.

El método de Forrester, sin embargo, presentará también ciertas limitaciones. Desde el punto de vista de la práctica arquitectónica, la limitación más evidente es el hecho de que la dinámica de sistemas constituye un método a-espacial, un método ajeno a cualquier consideración de carácter geométrico o formal. El segundo aspecto destacable, y fuente principal de críticas, es la aparente ingenuidad positivista manifestada en la aplicación de este método para previsiones de carácter planetario como las arrojadas en "*World Dynamics*". Con respecto a esto, resultará fundamental indicar que el principal valor de la dinámica de sistemas es el de ofrecer criterios generales, criterios relativos y cualitativos que ayuden al diseñador en la toma de decisiones, y no leyes cualitativas ni dogmas absolutos que deban ser tomados al pie de la letra. En cualquier caso, la dinámica de sistemas continúa siendo un método de estudio válido y vigente en el contexto actual, tal y como lo demuestra la pervivencia del "MIT System Dynamics Group", fundado por Jay Forrester en el año 1965 y plenamente activo en nuestros días.

⁴ Cabe destacar que éste último trabajo constituirá el germen de uno de los artículos ya clásicos en el ámbito de la sostenibilidad urbana, titulado "Los límites del crecimiento" (1972), encargado por parte del "Club de Roma" y redactado por algunos de los discípulos y colaboradores de Forrester en el "MIT System Dynamics Group" (con Donella Meadows como autora principal).

⁵ Forrester desarrollará esta idea en el artículo "Counterintuitive Behavior of Social Systems". FORRESTER, 1971b

2.1.4 Teoría de la Autopoiesis

El concepto de “Autopoiesis” (procedente de los términos griegos “auto”= a sí mismo, y “poiesis”= creación, producción) fue desarrollado por los biólogos chilenos Humberto Maturana y Francisco Varela, quedando reflejado en su libro “*De máquinas y seres vivos: Autopoiesis*”, publicado por primera vez en el año 1973.

La idea principal es que los sistemas autopoieticos están definidos por una estructura y unos procesos autorreferentes, es decir, que son capaces de generarse a sí mismos. A su vez, dichos mecanismos son los que definen la manera en la que los sistemas se relacionan con su entorno, lo cual los convierte en sistemas operacionalmente autónomos (“clausura operacional”). Esto no quiere decir que no sean sensibles a factores externos, pues se considera que los sistemas autopoieticos están en cierto modo relacionados con su entorno a través de lo que sus autores denominaron como “Acoplamiento Estructural”. En cualquier caso, la manera en la que los factores externos son percibidos y procesados dependerá siempre de la propia estructura interna del sistema.

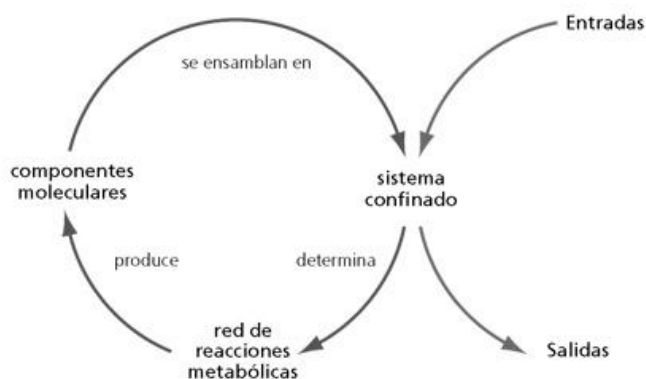
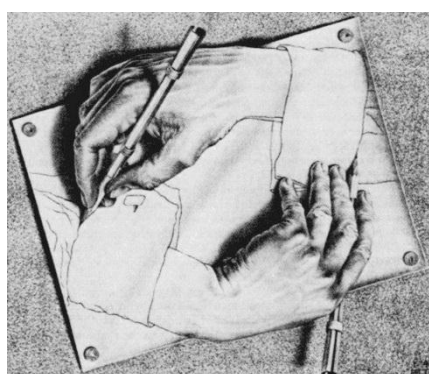


Figura 2.4. La ilustración de M.C. Escher “manos dibujando” refleja perfectamente la idea de “clausura operacional” de los sistemas autopoieticos. Al lado, se representa el ciclo lógico de la vida celular, en el que se evidencia el carácter autopoietico de la célula (sistema confinado pero al mismo tiempo conectado con los estímulos exteriores mediante “Acoplamiento estructural”). Fuente imagen dcha: http://www.sebbm.com/revista/dossier175_luisi.html

El concepto de autopoiesis ha sido especialmente productivo e inspirador para numerosas ramas del conocimiento; si bien los propios autores del concepto lo emplearon inicialmente para indagar sobre aspectos ligados a la cognición humana, posteriormente ha sido empleado en numerosas formulaciones pertenecientes a otras disciplinas como por ejemplo la “Teoría de la Sociedad” desarrollada por el sociólogo alemán Niklas Luhmann, la cual estudiaremos a continuación.

2.1.5 La Teoría de la Sociedad de Niklas Luhmann

Niklas Luhmann es un sociólogo alemán conocido por aplicar los principios y conceptos de la sistémica para la creación de una “Teoría de la Sociedad” de carácter universal (podríamos hablar también de una “Teoría General de la Sociedad”), empresa a la que dedicará toda su vida intelectual, publicando más de 50 libros y 300 artículos. Nos encontramos pues ante una obra teórica de gran escala, una obra que reflexionará sobre la naturaleza misma de la sociedad, planteando nuevas ideas sobre la estructura y el comportamiento de los fenómenos sociales, entre los cuales destacarán los siguientes principios:

La “diferenciación sistema- entorno” como base para el surgimiento de los sistemas sociales.

Según Luhmann, el sistema social y todos sus subsistemas surgen gracias a un proceso conocido como “diferenciación sistema-entorno”. Este fenómeno de diferenciación se produce cuando un conjunto de elementos o agentes interactúan entre sí generando comportamientos coherentes y estructuras de orden. El surgimiento espontáneo de estas estructuras de orden es lo que permite que los elementos se diferencien de su entorno y den lugar a una entidad propia, a un sistema. Luhmann afirmará que el fenómeno de diferenciación sistema/entorno se produce de manera constante, lo que resultará en una permanente formación de “sistemas dentro de sistemas”. La sociedad, por su parte, se entenderá como un gran sistema en el seno del cual irán surgiendo cada vez más subsistemas: el (sub)sistema económico, político, educativo, etc. El surgimiento de “sistemas dentro de sistemas” nos remitirá a una realidad cada vez más compleja (por la existencia de un número creciente de sistemas) y a la vez más organizada (cada sistema añade una estructura de orden adicional), por lo que podremos hablar de una realidad (social) que evoluciona hacia la “complejidad organizada”.

La “Autopoiesis” de los sistemas sociales, y el papel fundamental de la comunicación

Según Luhmann, todo fenómeno social puede ser interpretado como un fenómeno comunicativo: sociedad es igual a comunicación. Como consecuencia de esto, podemos decir que la diferenciación sistema-entorno consiste básicamente en el surgimiento de nuevas estructuras comunicativas, que a su vez servirán como soporte para el desarrollo de más y más estructuras comunicativas. Según Luhmann, *“La sociedad es un sistema comunicativamente cerrado: produce comunicación mediante comunicación”* (Luhmann, 2006; 68); la comunicación tiene todas las propiedades necesarias para la autopoiesis del sistema.

Esta idea de la “autopoiesis comunicativa” de los sistemas sociales dará lugar a uno de los postulados más singulares y polémicos de Luhmann: la eliminación del factor humano dentro de la explicación de la sociedad. Tal y como indica el propio Luhmann, *“no es el ser humano el que puede comunicar, sólo la comunicación puede comunicar. La comunicación constituye una realidad emergente sui géneris”* (Luhmann & De Giorgi, 1993; 52). En un giro radicalmente antihumanista y rupturista con respecto a la tradición ilustrada, Luhmann dejará al ser humano fuera del sistema social, concibiéndolo como un elemento del entorno. Para Luhmann, los seres humanos formarán parte de un sistema diferente, el sistema de la conciencia, el cual se encontrará a su vez “acoplado estructuralmente” al sistema de comunicación de la sociedad. Esto quiere decir que la conciencia humana tendrá la capacidad de influir sobre las comunicaciones sociales, pero será una influencia externa, un “acoplamiento” entre sistemas diferentes.

Los diferentes sistemas sociales

Dentro del gran sistema de la sociedad existirán diversos subsistemas, todos ellos basados en procesos comunicativos, pero dotados de estructuras autopoiéticas diferentes. Así pues, cada uno de los (sub)sistemas dispondrá de sus propios mecanismos de diferenciación, sus propios códigos, programas, etc. Gran parte de la obra de Luhmann estará dedicada al análisis y el estudio comparado de estos subsistemas, en un intento de respaldar y demostrar la validez práctica de su teoría. En la tabla adjunta se resumen los aspectos más relevantes de este estudio, con los diferentes (sub)sistemas sociales contemplados por Luhmann y sus correspondientes características.

	BASIC OPERATION	BINARY CODE	PROGRAMME	SELF- DESCRIPTION
SCIENCE	Truth claim	True Vs False	Paradigms, Scientific programmes	Epistemology
EDUCATION	Instruction	Pass Vs Fail	Curricula	Pedagogy
POLITICS	Taking position	Progressive Vs Regressive	Ideologies, Party programmes	Political theory
ECONOMY	Exchange (payment)	Profitable Vs Unprofitable	Business plan	Economic theory
LEGAL SYSTEM	Legal judgment	Legal Vs Illegal	Constitution	Jurisprudence
MASS MEDIA	Information	Newsworthy Vs no news	Current topicality	Media theory
MEDICAL SYSTEM	Medical advicement (diagnosis, therapy)	Disease Vs Healthy	Medical doctrines	Medical science
ART SYSTEM	artistic decision	Original Vs Conventional	Self- programming	Art theory, Aesthetics

Figura 2.5. Esquema de los diferentes (sub)sistemas sociales descritos por Luhmann y sus principales características. Cuadro elaborado a partir de la tabla desarrollada por P.Schumacher en el libro “The Autopoiesis of Architecture”. Pags. 438-439

Tal y como acabamos de ver, La “Teoría de la Sociedad” de Luhmann constituye un ejercicio teórico sumamente extenso y variado, válido para la reinterpretación de casi todos los campos del conocimiento (educación, política, economía, etc.). Esto la convertirá en un recurso sugerente e influyente para un amplio espectro de disciplinas, entre las cuales se encontrarán también el campo del diseño y la arquitectura. Si bien el alto grado de abstracción y complejidad dificultan la aplicación directa de la obra de Luhmann al ámbito de la arquitectura, su propuesta ayudará a algunos arquitectos a teorizar y comprender mejor los límites y alcances de la propia disciplina. Uno de los ejemplos paradigmáticos será la obra teórica del arquitecto Patrik Schumacher, recopilada en el libro “The Autopoiesis of Architecture”, en la cual propone la inclusión de la arquitectura como uno más de los grandes sistemas sociales de Luhmann. Las implicaciones de esta tesis y sus consecuencias en el diseño arquitectónico serán estudiadas con mayor profundidad en la segunda parte de la tesis.

2.1.6 Formalismos Sistémicos: Teoría de Grafos / Teoría de Redes

Tal y como se indica en el título, la “teoría de grafos”⁶, también conocida como “teoría de redes”, es una teoría formal, puramente matemática, y por lo tanto depende exclusivamente de su propia coherencia formal: no necesita de fenómenos externos para justificar sus leyes y postulados. Así pues, la teoría de grafos debe ser considerada como una herramienta matemática, y no como una teoría de la complejidad propiamente tal.

Nos encontramos pues ante un recurso matemático neutro que sin embargo demostrará una gran utilidad a la hora de resolver problemas procedentes de disciplinas muy diversas, tales como la biología (redes metabólicas), la química (estudio de estructuras moleculares), las telecomunicaciones, la informática, etc. Entre estas aplicaciones por supuesto figurará el ámbito del diseño arquitectónico y urbano, con importantes aportes en el campo del análisis de las tramas urbanas así como de la configuración espacial de ciudades y edificios. En el primer capítulo de la tesis ya se ha hecho alusión a algunas de las propuestas pioneras en esta ámbito, como el artículo “A City is not a Tree” de Christopher Alexander o la “Sintaxis del Espacio” de Bill Hillier. En la segunda parte de la tesis profundizaremos más a fondo sobre esta

⁶ Habitualmente se considera al matemático L. Euler como el primero en plantear un problema relacionado como los grafos: el problema de los “puentes de Königsberg”, en 1736. Sin embargo, el desarrollo de este campo de estudio, así como la creación de muchos de sus conceptos fundamentales, se atribuye al trabajo de K. Appel y W. Haken, que en el año 1976 darán solución a otro de los problemas célebres en este campo, el “problema de los cuatro colores”.

última vía de trabajo, así que por el momento nos limitaremos a presentar algunos aspectos generales de la teoría de grafos.

Un grafo consiste básicamente en un conjunto de nodos/vértices/puntos conectados entre sí a través de líneas o aristas. La teoría de grafos consistirá en el análisis de las propiedades presentes en este tipo de estructuras, para lo cual será necesario recurrir a herramientas procedentes de diversas ramas de las matemáticas, tales como el álgebra, la probabilidad, la topología, etc. Gracias a la teoría de grafos será posible describir relaciones y vínculos no-lineales entre diferentes elementos, convirtiéndose así en un recurso fundamental para analizar y comprender determinados fenómenos de “complejidad organizada”. Asimismo, nos encontramos ante un formalismo cuyo foco de interés se centra en la descripción holística de los sistemas, de la explicación de sus propiedades como conjunto, y por ello se ha decidido incorporarlo dentro de este apartado dedicado al “enfoque sistémico”.

Dentro de la gran cantidad de conceptos y leyes que conforman la teoría de grafos, nos limitaremos a explicar exclusivamente aquellos aspectos de carácter más general, y que de alguna manera pueden ser aplicables en estudios de carácter arquitectónico y urbano:

-El carácter topológico de los grafos. Isomorfismos y correspondencias espaciales -> los grafos solo describen las conexiones o relaciones topológicas entre elementos, no su disposición geométrica en el espacio. De hecho, un mismo grafo puede servir para describir diferentes configuraciones espaciales, siempre y cuando dispongan de las mismas conexiones entre nodos. Del mismo modo, una misma configuración espacial puede expresarse a través de multitud de grafos equivalentes o “isomorfos”, es decir, grafos que a simple vista parecen distintos pero que en realidad describen el mismo patrón de conexiones.

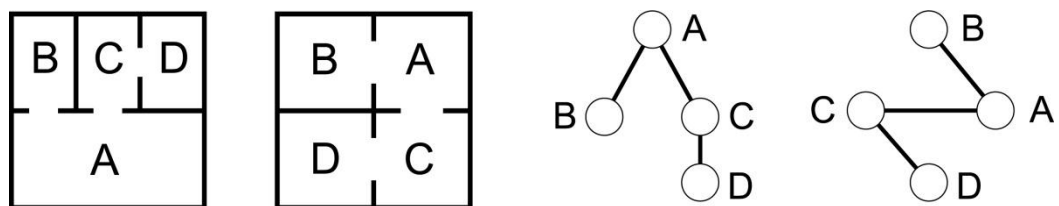


Figura 2.6. Las dos configuraciones arquitectónicas representadas a la izquierda son equivalentes en cuanto a número de nodos y conexiones entre los mismos, y por lo tanto pueden representarse a través del mismo grafo. Asimismo, los dos grafos representados a la derecha son isomorfos, es decir, reflejan la misma estructura de nodos y conexiones. Fuente: Jon Arteta

-Árboles y semi-retículas -> los grafos tipo árbol son aquellos en los que cualquier par de vértices está conectado por un único camino. No existen caminos alternativos para poder ir de un vértice a otro. El caso contrario sería lo que se denomina como semi-retícula. Alexander, en su artículo “A city is not a Tree”, tenderá a identificar el primero de los esquemas con una lógica de carácter cartesiano, típica del pensamiento mecanicista, mientras que la segunda revelaría una lógica más compleja y difícil de comprender para la mente humana. Asimismo, Alexander afirma que la predominancia de uno u otro tipo de esquema en la configuración de los sistemas urbanos puede afectar notablemente a su comportamiento en términos tanto funcionales como fenomenológicos.

-Direccionalidad en los grafos-> la conexión entre dos nodos puede ser de carácter bidireccional o unidireccional. Cuando es unidireccional se representa a través de una flecha que indica el sentido en el que debe recorrerse o producirse dicha conexión. Este tipo de información resultará fundamental a la hora de resolver problemas relacionados con flujos, bien sean flujos vehiculares en tramas urbanas, flujos informacionales en redes de telecomunicaciones, etc.

-Parámetros para el análisis de grafos -> la estructura de un determinado grafo puede estudiarse y definirse matemáticamente a través de diferentes parámetros: número de nodos, densidad de conexiones, el grado de variación de dichas conexiones en diferentes partes de la red, etc. En el campo de la sintaxis espacial, por ejemplo, existen programas de software (depthmap, etc.) que permiten analizar rápidamente algunos de estos parámetros, representando sus resultados a través de mapas gráficos. Este será el caso de los mapas axiales, los mapas de integración, etc. En la segunda parte de la tesis estudiaremos más a fondo el significado de cada una de estas mediciones. Asimismo, uno de los aspectos centrales de la teoría de la sintaxis espacial es que plantea relaciones directas entre algunos de estos parámetros y fenómenos urbanos reales, aunando así el campo teórico-formal y el campo empírico del funcionamiento urbano.

-Fenómenos asociados a las redes. Mundos pequeños. El estudio de las redes ha permitido descubrir fenómenos singulares dentro de las mismas, fenómenos que muchas veces escapan a la intuición primera del observador pero que son fundamentales para comprender el verdadero funcionamiento de los sistemas de redes. Uno de estos fenómenos, quizás el más conocido, es el de los “mundos pequeños”, reflejado en la idea de que “entre dos ciudadanos cualquiera del mundo no hay más de seis grados de separación”. Desde un punto de vista matemático, estaremos hablando de grafos en los que la mayoría de nodos no son vecinos entre sí, pero que sin embargo se puede llegar desde uno hasta otro cualquiera en será un número relativamente reducido de pasos. Nos encontramos pues ante un fenómeno clave en campos como la ingeniería de las redes sociales, pero que también puede aplicarse en ámbitos relacionados con la organización y la conectividad urbana.

2.2_EL ENFOQUE COMPLEJO

El enfoque complejo se dedicará también al estudio de los sistemas, pero desde un punto de vista ligeramente diferente al de la sistémica tradicional, ya que no se preocupará de los sistemas “estacionarios” o “en equilibrio”, sino de cómo surgen esos sistemas, de cómo se pasa del caos al orden, de las entidades simples al orden complejo. A ello contribuirán numerosas teorías que, desde un enfoque siempre generalista y transversal, tratarán de dar explicación a los fenómenos de autoorganización y emergencia que se producen en tanto en el entorno natural como social.

Para abordar este tema comenzaremos explorando aquellas teorías más próximas a los conceptos de aleatoriedad y el desorden, conocidas como “Teorías del Caos”, para avanzar posteriormente hacia propuestas más comprometidas con la autoorganización y la emergencia del orden, como la “Teoría de las Estructuras Disipativas” de Ilya Prigogine. En tercer lugar abordaremos algunas teorías centradas específicamente en el estudio del punto crítico en el que los sistemas pasan del caos al orden, o viceversa: la “Teoría de Catástrofes” y la “Teoría de la Criticalidad Autoorganizada”. Dentro del apartado científico será necesario destacar también el papel de los denominados “formalismos complejos”, los cuales abarcarán diferentes tipos de algoritmos y de herramientas matemáticas que servirán como sustento y apoyo para el desarrollo de las teorías de la ciencia compleja.

Tal y como se puede comprobar, las ciencias de la complejidad han avanzado gracias a científicos e investigadores procedentes de diferentes centros y disciplinas, dentro de los cuales cabrá destacar el papel desempeñado por centros como el Instituto de Santa Fe, una institución fundada en el año 1984 y dedicada específicamente a la promoción y desarrollo de las ciencias de la complejidad. Entorno a este centro se aglutinarán algunos de los investigadores más relevantes en el campo de la complejidad, tales como Per Bak, Stuart Kauffman, Brian Goodwin, John Holland, Geoffrey West, Luis Bettencourt, etc.

Más allá del ámbito científico, en el presente apartado se abordarán también propuestas de carácter filosófico, como por ejemplo los trabajos de Manuel de Landa y Edgar Morin. En el caso de este último, cabe destacar que su teoría se concibe como una propuesta general, destinada a incluir tanto el enfoque sistémico como el enfoque complejo dentro de una nueva lógica global. Es por ello que se ha decidido exponerla en último lugar, entendiéndola como una especie de compendio o reflexión general sobre los conceptos estudiados a lo largo de todo el capítulo.

2.2.1 Teorías del Caos

Existen determinados sistemas que a pesar de estar definidos por ecuaciones simples, manifiestan resultados y comportamientos sumamente diversos e impredecibles. Estos sistemas serán conocidos como sistemas caóticos y se convertirán en el objeto de estudio de diversos investigadores a lo largo de la historia, entre los cuales destacarán nombres como H. Poincaré, E. Lorenz ⁷, D. Ruelle, M. Feigenbaum, etc. Los descubrimientos y propuestas de estos autores es lo que hoy conocemos como “teorías del caos”.

Una de las características principales de este tipo de sistemas es la “alta sensibilidad a las condiciones iniciales”, de modo que pequeños cambios en los valores iniciales del experimento pueden llegar a provocar resultados notablemente diferentes entre sí. Este fenómeno, debido a la no-linealidad de los sistemas caóticos, también es conocido comúnmente como “efecto mariposa” ⁸. Las causas de este efecto se deberán a la existencia de bucles de realimentación positivos dentro de las ecuaciones (variables que se multiplican a sí mismas, efecto “bola de nieve”), así como a la presencia de bifurcaciones, es decir, puntos de inflexión en los que el sistema presenta varias posibles soluciones, lo cual quiere decir que el proceso puede evolucionar en diferentes direcciones indistintamente. Así pues, nos encontramos ante fenómenos que a pesar de parecer matemáticamente deterministas en su planteamiento, manifiestan resultados altamente imprevisibles y sensibles al azar. El físico belga Ilya Prigogine describirá este nuevo escenario afirmando que *“en adelante, el indeterminismo se impone en la física. Pero no debe confundirse con la ausencia de previsibilidad, que tornaría ilusoria toda actividad humana. Nos referimos a un límite de previsibilidad”* (Prigogine, 1996; 125).

De hecho, los sistemas caóticos no serán totalmente impredecibles, ya que en muchos casos manifestarán ciertas recurrencias o patrones de orden, reflejados en la existencia de los denominados “atractores extraños”. En la imagen adjuntase incluyen representaciones del “atractor de Lorenz”, descubierto al realizar el modelado de diferentes fenómenos meteorológicos. Tal y como se puede comprobar, se trata de una órbita que nunca pasa por el mismo sitio pero que sin embargo orbita siempre dentro de una región limitada del espacio. Esto nos remite una vez más a esta aparente contraposición de determinismo e indeterminismo que nos llevará a

⁷ Los primeros estudios sobre sistemas caóticos se atribuyen al matemático francés Henry Poincaré, el cual trató de descubrir las leyes que rigen los movimientos de sistemas de tres planteas sometidos a fuerzas gravitatorias mutuas. Asimismo, el segundo gran aporte a esta ciencia vendrá de la mano de Edward Lorenz y sus estudios sobre meteorología.

⁸ La idea del denominado “Efecto Mariposa” procede de una comunicación realizada por Lorenz en el año 1972 titulada “¿El aleteo de una mariposa en Brasil ha ocasionado un tornado en Texas?”. Con este sugerente título a lo que se refiere es a la posibilidad de que pequeños fenómenos de lugar a grandes efectos inesperados

comprender el caos no como algo aleatorio, sino como un tipo de orden más complejo. En muchas publicaciones se habla, de hecho, de un “Caos determinista”.

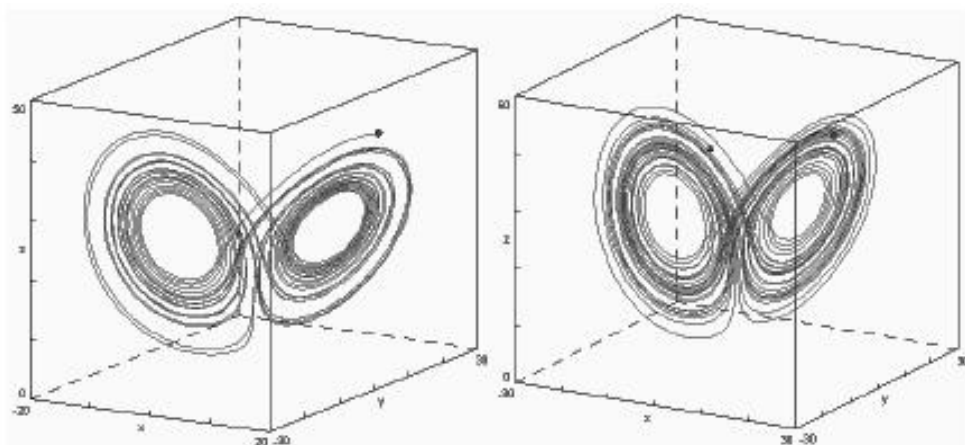


Figura 2.7. Atractor de Lorenz. Fuente: REYNOSO, 2006; 180

2.2.2 Teoría de las Estructuras Disipativas . Sistemas Alejados del Equilibrio

A través de la “teoría de las estructuras disipativas”, el físico belga y premio Nobel Ilya Prigogine demostrará que cuando un sistema está alejado del equilibrio (sistema en régimen caótico) es capaz de desarrollar procesos de autoorganización espontánea, generando así orden a partir del caos. Para que este proceso de autoorganización se produzca, será necesario que los sistemas disipen energía/materia de manera constante, fenómeno por el cual reciben el nombre de estructuras disipativas.

El postulado de Prigogine obligará a repensar los fundamentos de la termodinámica clásica, ya que la disipación de energía y materia siempre se había asociado a un proceso de desorden creciente, mientras que en este caso se convierte precisamente en el mecanismo que permite la emergencia de nuevas estructuras de orden.

Cuando sucede el proceso de autoorganización, el sistema adquiere propiedades que no existían previamente, y que tampoco pueden llegar a deducirse de las propiedades de sus componentes por separado: son las denominadas “propiedades emergentes”. Prigogine nos presenta así un universo creativo, con capacidad para generar constantemente nuevas formas de orden, nuevas entidades con propiedades emergentes.

De hecho, autores como los biólogos Brian Goodwin y Stuart Kauffman verán en la capacidad de autoorganización de la materia y sus consiguientes propiedades emergentes un argumento válido para explicar la evolución de las especies en el planeta, planteando así una posible alternativa a las teorías darwinianas clásicas ⁹.

Prigogine demostrará sus postulados a partir de diversos ejemplos y experimentos como por ejemplo la denominada “Inestabilidad de Bernard”, cuyo resultado se recoge en la imagen adjunta, y que demuestra la manera en que un líquido se puede llegar a autoorganizar bajo determinados gradientes de temperatura. Se trata sin duda de un fenómeno inesperado y absolutamente improbable, que demuestra la tesis de Prigogine y su idea de un universo creativo. Más allá de este tipo de experimentos específicos, el concepto de estructura disipativa puede aplicarse para interpretar y describir diferentes tipos de fenómenos. Así, por ejemplo, la emergencia de las ciudades antiguas podría interpretarse como un fenómeno de autoorganización, el cual se mantendrá gracias a un constante proceso de disipación de energía y materia. Tal y como afirma John Holland: *“Compradores, vendedores, administradores, calles, puentes y edificios están cambiando siempre, de manera tal que la coherencia de una ciudad es algo que se impone de algún modo sobre un flujo perpetuo de gente y estructuras. (...) Una ciudad es un patrón en el tiempo. Ni uno solo de los elementos que lo componen permanece en su lugar, pero la ciudad persiste”*. (Holland, 1995)

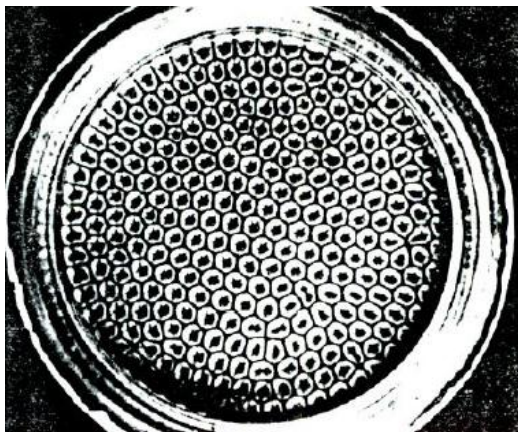


Figura 2.8. Imagen de la “Inestabilidad de Bernard”.
Fuente: Navarro Cid, 2001; 92

⁹ En la segunda parte de la tesis veremos cómo el arquitecto Christopher Alexander recurre a los postulados de Goodwin y Kauffman para explicar y argumentar algunos de sus postulados en el ámbito arquitectónico.

2.2.3 Criticalidad Autoorganizada y Teoría de Catástrofes

A continuación analizaremos varias teorías dedicadas al estudio de los puntos críticos o puntos de catástrofe en los cuales se produce la transformación radical de los sistemas complejos, generalmente en un lapso reducido de tiempo. Se tratará pues de estudiar las discontinuidades, los “saltos” que hacen que los sistemas cambien bruscamente su estructura y/o comportamiento.

La “*Teoría de la criticalidad Autoorganizada*”, propuesta por el físico danés Per Bak a comienzos de la década de 1990, demostrará la tendencia natural de los sistemas complejos a evolucionar hacia estados críticos, en los cuales se produce la transformación o reorganización del sistema. El ejemplo más claro sería el de un montón de arena al que vertemos constantemente nuevos granos; llegará un momento en que el montículo colapsará, provocando una serie de avalanchas en cadena. Este ejemplo, además sirve para demostrar los procesos de autoorganización pueden depender exclusivamente de leyes internas del sistema (la interacción interna de los granos de arena), siendo por lo tanto independiente de los agentes externos.

La “*Teoría de las Catástrofes*”, por su parte, estudiará los diferentes caminos que el sistema puede seguir para llevar a cabo una transformación, es decir, para “saltar” de un estado a otro. Gracias al trabajo de los matemáticos René Thom y E.C.Zeeman, se llegarán a establecer siete posibles maneras de acometer estas transformaciones, es decir, “siete catástrofes básicas”, las cuales se representan a través de diferentes esquemas gráficos y metáforas visuales de carácter topológico.

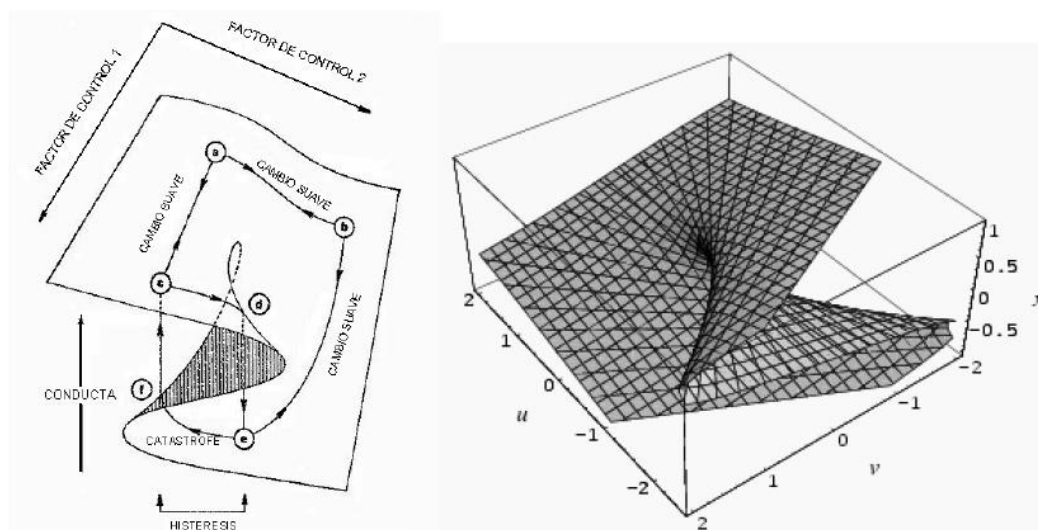


Figura 2.9. Catástrofe de Cúspide
Fuente: Reynoso, 2006; pág. 108

Cabe indicar que la teoría de catástrofes es una teoría de carácter cualitativo, es decir, no ofrece fórmulas numéricas para el análisis de las transiciones o catástrofes, pero sí esquemas sistemáticos/formales para describir dichos fenómenos. Tal y como indica el propio Thom, la teoría de catástrofes no se limita al ámbito de la matemáticas y las ciencias duras, sino que puede aplicarse para resolver un amplio abanico de problemas, desde fenómenos físicos hasta fenómenos sociales, conductuales, psicológicos, etc. La teoría de catástrofes se convertirá así en una importante fuente de inspiración para pensadores y filósofos, destacando el trabajo de autores como Bernard Cache (Terre Meuble, 1983) y Gilles Deleuze (Le Pli: Leibniz et le baroque 1988), que utilizarán la teoría de catástrofes como base para plantear diferentes reflexiones acerca del concepto de pliegue. Asimismo, las catástrofes y los pliegues llegarán a ejercer influencia también en el campo de la arquitectura, siendo Peter Eisenman uno de los mayores exponentes de este tipo de exploración.

2.2.4 Formalismos Complejos: Autómatas Celulares, Agentes vida, Fractales, L Systems

En el presente apartado estudiaremos los formalismos matemáticos más relevantes en el desarrollo de las ciencias de la complejidad. Estos formalismos constituirán una herramienta fundamental a la hora de sustentar y desarrollar las diferentes teorías, ya que permitirán comprobar empíricamente los postulados planteados en el ámbito teórico. Asimismo, la manipulación de estos algoritmos requerirá de una gran capacidad de cálculo y procesamiento de datos, lo cual solo será posible gracias al uso del computador. El estrecho vínculo entre ciencia y tecnología se hace evidente una vez más. A continuación se explican brevemente algunos de los formalismos más relevantes:

Autómatas Celulares (AC)

Los autómatas celulares son colecciones de celdas (generalmente dispuestas en grilla) que disponen de dos posibles estados: activas o inactivas (on/off). El estado de cada celda en un momento determinado ($t=1$) vendrá dado por el estado de las celdas vecinas, existiendo entre ellas una relación de correspondencia que deberá ser fijada por el diseñador según cada caso. Las simulaciones con ACs, por lo tanto, consistirán en dejar que las diferentes celdas de la grilla interactúen entre sí, de modo que vayan actualizando constantemente sus estados a lo largo del tiempo. La singularidad de este tipo de simulaciones es que en determinados casos las células comienzan a manifestar, después de numerosas interacciones, comportamientos coherentes que no estaban presentes al comienzo del experimento. El orden comienza a emerger de manera espontánea.

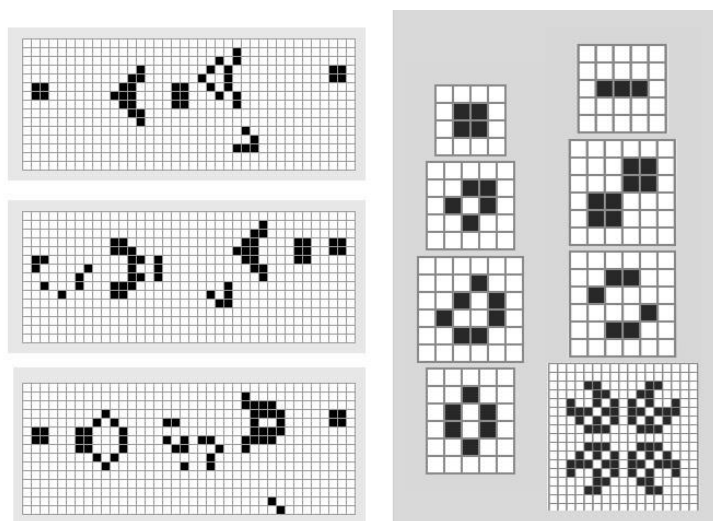


Figura 2.10. Evolución de la simulación del “Juego de la Vida” de J.H.Conway (1970). En la zona derecha se reflejan algunas de las “figuras tipo” que emergen a partir de las reglas del juego. Fuente: <http://web.stanford.edu/~cdebs/GameOfLife/>

Las imágenes adjuntas corresponden al denominado “Juego de la Vida”, un tipo de programación con ACs en el que se puede comprobar cómo tras numerosas iteraciones las celdas comienzan a manifestar comportamientos y patrones coherentes. Así, a partir de células inicialmente desordenadas e independientes se pueden llegar a obtener figuras más complejas con comportamientos emergentes (figuras que en el juego de la vida adoptarán nombres como “glider”, “glider gun”...) ¹⁰

Los autómatas celulares son un formalismo descubierto inicialmente por John Von Neumann en los años 40 y que se convertirá en un recurso fundamental en los experimentos desarrollados por numerosos investigadores, destacando entre ellos a los científicos del Instituto de Santa Fe, pero también a autores más comprometidos con la vertiente humanista, como por ejemplo el filósofo Manuel De landa.

Agentes Vida (AV)

Formalismo en el cual las celdas de los autómatas celulares se han enriquecido semánticamente. Pueden existir diferentes tipos de células o agentes, dotados de pautas de comportamiento diferentes y más complejas que las planteadas en los ACs. Generalmente se suelen utilizar para plantear simulaciones más realistas de fenómenos naturales y sociales complejos. Además, los AVs no tienen por qué estar necesariamente sometidos a una grilla, sino que pueden gozar de mayores grados de libertad en cuanto a movimiento e interacción. En la segunda parte de la tesis podremos ver ejemplos de aplicación práctica de los AVs en el desarrollo de

¹⁰ Para más detalles se puede consultar el video <https://www.youtube.com/watch?v=0XI6s-TGzSs>

estudios arquitectónicos y urbanos, dirigidos por autores como M. Batty o Kokkugia, entre otros.

Fractales y L-systems

La teoría de los fractales, desarrollada por el matemático polaco Benoit Mandelbrot, constituye una nueva rama dentro de la geometría, la cual rompe con la lógica euclidiana al plantear la existencia de escalas irregulares (no enteras).

La geometría fractal es capaz de describir formas aparentemente muy complejas a partir de la repetición recursiva de fórmulas sumamente simples. La repetición constante de estas fórmulas conducirá a la generación de formas con infinito detalle, formas que no terminan nunca. Una línea fractal, por ejemplo, al ser desarrollada mediante numerosas iteraciones, podrá llegar a rellenar prácticamente la totalidad del plano bidimensional, adquiriendo una dimensión que no es propiamente ni la de la línea (1D) ni la del plano (2D), sino una escala intermedia (1'5D, 1'3D...). De aquí viene la idea de las dimensiones no enteras.

Asimismo, las estructuras fractales tienden a manifestar la misma configuración en todas las escalas, en un fenómeno que se conoce como “autosemejanza”. Independientemente de la escala de observación, el fractal siempre será siempre el mismo en apariencia.



Figura 2.11. Ejemplo del fractal conocido como “Triángulo de Sierpinski”. Fuente: Jon Arteta

Este concepto de fractalidad y de dimensiones fraccionarias resultará sumamente útil para analizar y explicar numerosos fenómenos naturales y sociales, entre los cuales se encontrará el ámbito del desarrollo urbano. La obra “Fractal Cities” (1995), de Michael Batty y Paul Longley, será uno de los trabajos más relevantes en este ámbito, en la cual se demostrará la productividad de los fractales a la hora de describir las tramas urbanas y su relación con las diferentes dinámicas sociales.

Dentro de las diferentes maneras de expresar o formalizar la geometría fractal, uno de los recursos más empleados serán los denominados “sistemas de Lindenmayer” o “L-Systems”. Los L-systems consisten en una célula originaria, llamada

semilla (seed), y una serie de leyes de transformación para generar formas a partir de ella.

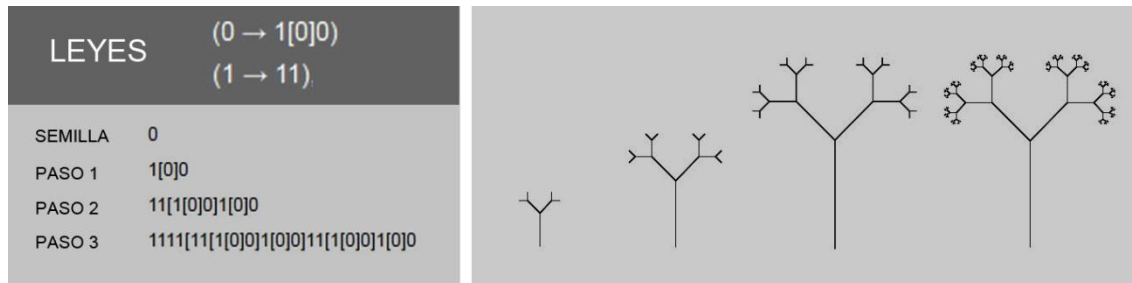


Figura 2.12. Ejemplo del desarrollo del L-System conocido como “Árbol de Pitágoras”
Fuente: Jon Arteta

Todos los formalismos aquí estudiados pueden ser vinculados a procesos espaciales, y por lo tanto resultarán de especial interés para el ámbito de la arquitectura y el urbanismo. Evidentemente cada formalismo presentará sus propias ventajas e inconvenientes, por lo que la aplicación de uno u otro dependerá básicamente del caso a estudiar. En todo caso, también es necesario indicar la existencia de cierta transversalidad entre métodos, ya que es posible obtener geometrías fractales a través de sistemas L, pero también a través del uso de determinados tipos de autómatas, etc. En la segunda parte de la tesis analizaremos ejemplos y casos de aplicación más concretos y con un mayor grado de detalle.

Otras de las principales características de estos algoritmos es que proporcionan un nuevo método para modelar los sistemas, un método sensiblemente diferente al utilizado por los autores del enfoque sistémico. Los autores sistémicos, como por ejemplo Forrester, incorporan en sus modelos todos los componentes del sistema, controlando la manera en que cada uno de ellos se relaciona con todos los demás. El investigador diseña todas las conexiones internas del sistema siguiendo sus propios criterios e intuiciones, en lo que sería un proceso de diseño conocido como “top-down”. En los modelos utilizados habitualmente en el enfoque complejo, en cambio, el investigador no controlará directamente las conexiones entre elementos uno a uno, sino que estas irán emergiendo de manera espontánea. En los modelos con agentes vida, por ejemplo, el autor programará entidades independientes, las cuales podrán interactuar entre sí de manera libre y aparentemente caótica; sólo después de sucesivas interacciones los componentes comenzarán a autoorganizarse para dar lugar a comportamientos coherentes. Nos encontramos por lo tanto ante un método mucho más abierto al azar y la sorpresa, un método en el que el diseñador no tiene el control sobre todo el sistema, sino que se limita a construir un experimento, del cual emergerán diferentes tipos de sistemas y organizaciones. Este segundo método se conoce como método “bottom-up”.

Por último, hacer alusión a la existencia otros tipos de algoritmos y formalismos matemáticos vinculados a la complejidad, tales como las Redes Booleanas Aleatorias (RBA), las redes neuronales, etc. cuyo estudio excederá el alcance de la presente investigación.

2.2.5 La Lógica Sintética de Manuel De Landa

Manuel de Landa es un personaje multifacético que ha desarrollado su carrera profesional en ámbitos tan dispares como el cine, el arte digital, la programación o la filosofía de la ciencia. Será en éste último campo donde logre un mayor protagonismo, gracias a sus escritos entorno a la idea de “emergencia” y demás principios vinculados a las ciencias de la complejidad. Su obra más relevante en este ámbito será el libro titulado “*A Thousand Years of Nonlinear History*” (1997), junto con trabajos como “*A New Philosophy of Society. Assemblage Theory and Social Complexity*” (2006) o “*Philosophy and Simulation. The Emergence of the Synthetic Reason*” (2011).

Uno de los aspectos destacables de Manuel de Landa es su profundo dominio de la programación y las herramientas de simulación digital, las cuales empleará para apoyar y motivar diferentes reflexiones filosóficas sobre la naturaleza, la sociedad, la creación artística, etc. Esta combinación de recursos técnicos y reflexiones filosóficas convertirán a De Landa en un autor singular y en un referente para otros pensadores de la complejidad y la emergencia.

Otro de los puntos clave en la obra de De Landa será la admiración explícita por la filosofía de G.Deleuze y F.Guattari, a los cuales ha dedicado diversos artículos y cuyo núcleo conceptual adoptará como inspiración para la elaboración de interpretaciones y formulaciones discursivas propias. Este será caso de conceptos como el de “assemblage” (traducido como ensamblaje, embonaje o agenciamiento, dependiendo de la publicación), procedente de las reflexiones de Deleuze y Guattari sobre el “rizoma” (Deleuze & Guattari, 1977), y que se convertirá en un concepto central para el despliegue filosófico de De Landa. A continuación profundizaremos un poco más sobre éste y otros conceptos básicos para la comprensión del universo filosófico de Manuel de Landa.

La visión materialista del mundo

Para De Landa, la realidad está conformada por distintos tipos de “materiales”. Las rocas, las entidades biológicas, las sociedades, los mercados, y en definitiva todas las entidades de la realidad podrán ser interpretadas como si se tratase de diferentes “materiales”. “*Así como una sustancia química puede existir en varios estados distintos (sólido, líquido, o gaseoso) y puede cambiar de un estado*

estable a otro en puntos críticos de la intensidad de temperatura, así las sociedades humanas pueden ser vistas como un “material” capaz de sufrir cambios de estado en puntos críticos de la densidad de población, de la cantidad de energía consumida, o de la intensidad de la interacción social” (De Landa, 2010; 5). Cada uno de estos “materiales” dispondrá de determinadas propiedades (características explícitas y permanentes), capacidades (posibilidad de ejercer una acción o manifestar un comportamiento) y tendencias (patrones recurrentes de comportamiento), las cuales determinarán la manera en la que cada “material” se comporta al relacionarse con el medio. Gracias a estas características, los “materiales” tendrán la facultad de interactuar entre sí, desarrollando dinámicas morfogenéticas propias.

Emergencia y “Ensamblajes”

Los “materiales” anteriormente descritos serán susceptibles de interactuar entre sí y dar lugar a “sistemas”, es decir, a entidades con un comportamiento coherente a nivel de conjunto. Estos sistemas, sin embargo, pueden ser concebidos de dos maneras diferentes: como “estructuras centralizadas” o como “ensamblajes”:

En el primer caso, los elementos que constituyen el sistema dependerán de un esquema organizativo común, un plan estable que cada parte deberá cumplir con la función asignada. Esta concepción nos remitirá al tipo de esquema propuesto por Forrester en su *Dinámica de Sistemas*, en el que cada una de las partes debe conectarse adecuadamente a las demás para lograr un correcto funcionamiento del sistema global (diseño top-down).

El “ensamblaje”, en cambio, hará referencia a sistemas compuestos por partes autónomas, partes que interactúan libremente según sus propios criterios individuales, sin seguir un plan definido desde una instancia superior. Esto no quiere decir que el sistema sea necesariamente caótico: la interacción entre componentes puede dar lugar a comportamientos coherentes que emergen de manera espontánea. Al no seguir un esquema global predefinido, decimos que el sistema se autoorganiza (proceso bottom-up), dando lugar a un conjunto coherente en el que sin embargo cada uno de los componentes mantiene su autonomía de acción. Esto significa que un ensamblaje podrá disolverse en un momento dado, cayendo en un estado caótico o reorganizándose para generar un nuevo sistema emergente.

Tal y como hemos indicado anteriormente, el concepto de ensamblaje está directamente inspirado en los textos de Deleuze y Guattari sobre el rizoma, pudiendo encontrar en éstos definiciones muy próximas a la de De Landa: *“a estos sistemas centrados (por los sistemas de estructura centralizada), los autores oponen sistemas a-centrados, redes de autómatas finitos en los que la comunicación se produce entre dos vecinos cualesquiera, en los que los tallos o canales no preexisten, en los que los individuos son todos intercambiables definiéndose únicamente por un estado en un*

momento determinado, de tal manera que las operaciones locales se coordinan y que el resultado final global se sincroniza independientemente de una instancia global" (Deleuze & Guattari, 1977).

Los "ensamblajes" y la interpretación de la realidad

Tanto en la ciencia como en la filosofía tradicionales existe una clara tendencia a interpretar la realidad a partir de estructuras jerárquicas y modelos organizativos top- down. Será precisamente esta manera de pensar la que gobierne todos los relatos históricos, sociológicos, políticos, etc. Frente a esto, Manuel de Landa reivindicará la necesidad de implementar un pensamiento bottom up que permita superar esta visión limitada de la realidad y que evidencie la importancia de los procesos de emergencia y autoorganización (ensamblajes) en todos los ámbitos de la vida. En el libro "Thousand years of non-linear history", De Landa se propone el reto de *"realizar una investigación filosófica de la historia del milenio que vaya lo más posible de abajo hacia arriba"* (De Landa, 2010; 7). Gracias a la aplicación de su visión materialista del mundo, De Landa desarrollará un discurso capaz de aunar bajo un mismo hilo argumental el desarrollo de fenómenos y estructuras geológicas, biológicas, económicas y urbanas, lingüísticas, etc. Apoyado en los principios de la emergencia y las simulaciones computacionales, De Landa será capaz de ofrecer una visión alternativa de nuestro devenir histórico, sentando así las bases para un nuevo tipo de pensamiento más comprometido con la complejidad y sus implicaciones lógicas.

Simulación y lógica sintética

Teniendo en cuenta que las propiedades emergentes surgen de manera espontánea como consecuencia de interacciones locales entre entidades (proceso bottom-up), está claro que ninguna aproximación top-down podrá llegar a prever y reproducir dichas propiedades. No existirá ningún método analítico o ecuación matemática que sea capaz de dar cuenta de este tipo de propiedades; los fenómenos emergentes deben ser necesariamente simulados o "sintetizados" con la ayuda del computador. Tal y como afirma De Landa, *"mientras que muchos procesos sociales son imposibles de modelar con matemáticas dada su complejidad, las simulaciones permiten investigarlos formalmente sin necesidad de ecuaciones"* (De Landa, 2010). De Landa hará uso de diferentes herramientas y formalismos de simulación (autómatas celulares, agentes, algoritmos genéticos, redes neuronales, etc.) para estudiar las leyes de la emergencia, extrayendo conclusiones que luego empleará para la interpretación de diferentes fenómenos naturales y sociales. Así, las simulaciones digitales constituirán la base sobre la que fundamentar un nuevo tipo de lógica, una lógica sintética basada en la autoorganización y la capacidad creativa de la materia.

Tal y como hemos visto anteriormente, De Landa desarrolla una filosofía de amplio espectro, un esquema lógico extrapolable a múltiples campos de la realidad. Cabrá destacar especialmente su propuesta para una nueva concepción de la sociología, en *“New Philosophy of Society”* (2006), así como sus incursiones en el mundo del diseño y la arquitectura, campos en los que cada vez va teniendo más visibilidad y protagonismo, gracias a colaboraciones puntuales en publicaciones especializadas como Architectural Design (AD) o Actar, entre otras. En el capítulo 7 de la tesis se citarán algunos de estos trabajos y se analizará su impacto sobre el campo del diseño arquitectónico

2.2.6 El Pensamiento Complejo de Edgar Morin

Edgar Morin es sin duda uno de los principales referentes en el ámbito de la filosofía de la complejidad. Morin es el padre del denominado “pensamiento complejo”, cuyos principios ha ido formulando y desarrollando a través de una vasta producción literaria, con obras como *“Le Méthode”*, *“Complexus”*, *“Anthropologie fondamentale”* o *“XXe siècle”*, además de multitud de artículos y escritos breves.

El “pensamiento complejo” de Morin consiste en la construcción de un nuevo tipo de lógica que permita entender la verdadera complejidad de nuestro mundo, sustituyendo las paradojas y contradicciones cartesianas por una visión más integradora y productiva. Para ello recurrirá a conceptos procedentes de diferentes disciplinas, destacando especialmente aquellos vinculados a las teorías de la complejidad. Conceptos como “holismo”, orden a partir del caos, los bucles de recursividad causa-efecto, etc. ponen claramente en jaque las contradicciones típicas de nuestro sistema de pensamiento, y por ello se convertirán en recursos de gran valor para el desarrollo teórico de Morin.

El filósofo francés reivindicará así la necesidad de superar el pensamiento basado en el “paradigma de la simplicidad” (nuevamente alusiones a las categorías de Weaver), un paradigma que todavía reina en el pensamiento actual y que según Morin provoca una ceguera que afecta tanto al campo de la ciencia como al de las humanidades. Tal y como indica el propio autor, este paradigma busca poner orden en el universo a base de simplificar la realidad, reduciéndola a unas pocas ideas claras y distintas. La simplicidad tiende a descomponer la realidad compleja en una suma de partes simples, cada una de las cuales se estudia de manera individualizada en un entorno científico crecientemente especializado y fraccionado. Nos encontramos pues ante un sistema de pensamiento que prioriza la disyunción y oposición entre conceptos y disciplinas, un sistema lógico incapaz de concebir al mismo tiempo lo unitario y lo múltiple (*unitas multiplex*).

El desarrollo teórico y conceptual de Morin, sin embargo, no busca romper drásticamente con el paradigma previo, consciente de su valioso legado a nivel de conocimiento y de aplicaciones prácticas. Así pues, Morin puntualiza: *“mientras que el*

pensamiento simplificador desintegra la complejidad de lo real, el pensamiento complejo integra lo más posible los modos simplificadores de pensar, pero rechaza las consecuencias mutilantes, reduccionistas, unidimensionalizantes y finalmente cegadoras de una simplificación que se toma por reflejo de aquello que hubiere de real en la realidad’. (Morin, 2004; 22)

Morin no establece recetas o metodologías rígidas para el desarrollo del pensamiento complejo, pero sí que ofrece ciertos principios o herramientas para ayudarnos a pensar la complejidad. A continuación se explican brevemente tres de estos principios básicos.

El principio “dialógico” -> El principio dialógico consistirá en mantener la dualidad en el seno de la unidad. Es decir, que la dialógica nos permitirá asociar términos a la vez complementarios y antagonistas. Nos encontramos ante un postulado que busca la legitimidad lógica donde antes solamente se concebía contradicción o paradoja. En muchos fenómenos emergentes, por ejemplo, sucede que elementos transitorios o cambiantes dan lugar a comportamientos permanentes en el tiempo. La emergencia de lo permanente a partir de lo transitorio sólo podrá comprenderse y asumirse como un principio coherente con la aplicación de la dialógica. Un ejemplo de este tipo de emergencia estará constituido por los propios seres humanos, en los que el comportamiento y la conducta inteligente se mantiene a pesar de que las células que lo componen están constantemente muriendo y regenerándose. Otro caso podría ser el de las olas marinas, cuyo patrón visible se mantiene y evoluciona en el tiempo a pesar de que las moléculas de agua que la componen son diferentes en cada momento.

El principio de la recursividad organizacional -> El principio de recursividad organizacional consistirá en sustituir la lógica lineal causa-efecto por una lógica de bucle. Así, en un proceso recursivo no existirá diferencia entre entidades productoras y entidades producto; cualquier entidad del sistema será las dos cosas a la vez, productor y producto. Para explicar este principio, Morin emplea el ejemplo del individuo y la sociedad: la sociedad existe gracias al aporte de los individuos particulares, pero al mismo tiempo la sociedad también es la responsable de modelar y de ir configurando la personalidad y el carácter de los individuos que la componen. El individuo es a la vez productor y producto de la sociedad.

El principio hologramático -> Este principio se basa en la idea del holograma físico, en el cual cada punto del holograma contiene la totalidad de la información del objeto representado. “*No solamente la parte está en el todo, sino que el todo está en la parte*” (Morin, 2004; 107). Con este postulado Morin busca superar tanto la lógica reduccionista (que no ve más que las partes) como la lógica holística (que no ve más que el todo). Para ilustrar este principio, Morin cita a los organismos vivos y sus componentes, las células. Un organismo estará compuesto por infinidad de células, y cada célula dispondrá a su vez de la información necesaria para la construcción del organismo completo, contenida en el código genético o ADN. Otro ejemplo de la

lógica hologramática lo encontraremos en la geometría fractal de Mandelbrot, donde cada figura contiene la misma información a todas las escalas, siendo imposible distinguir las partes del todo.

Los principios descritos anteriormente constituyen las herramientas básicas del pensamiento moriniano, de modo que el resto de ideas y principios de su teoría derivan de la aplicación estos mismos principios al análisis y la comprensión de la realidad. Una de las consecuencias más destacadas de este nuevo esquema lógico será la idea de integrar al observador en la propia observación de la realidad. Morin explica esta idea con el ejemplo del sociólogo, que trata de observar la realidad social de una manera lo más objetiva posible. Tal y como se describía anteriormente, la relación de recursividad entre individuo y sociedad hace que sea imposible separar el uno del otro, y por lo tanto niega la posibilidad de que pueda existir un observador completamente externo al sistema, un observador plenamente objetivo. La única manera de aproximarse a un conocimiento más profundo y fundamentado de la sociedad será adoptando “meta- puntos de vista”, es decir, integrando al “observador-conceptualizador” en el propio proceso de observación y conceptualización. De esta interpretación derivará a su vez la proclama por una “scienza nuova” (Morin, 2004 ;75), por una nueva manera de ciencia que integre al sujeto y la sociedad en sus consideraciones, que asuma su rol social y que sea capaz de reflexionar sobre sus propios conocimientos. Morin apuesta así por una cierta integración entre las ciencias duras y las humanidades como medio para avanzar en un conocimiento más complejo y menos parcelado.

Esta potente propuesta conceptual hará que Morin se convierta en un referente fundamental para muchos pensadores, pero también en el foco de crítica para aquellos autores más próximos a las ciencias duras, que lo acusarán de ser poco riguroso en el uso de los conceptos científicos, así como de carecer de un método adecuadamente formalizado que demuestre verdadera utilidad a la hora de resolver problemas prácticos. En todo caso, ya hemos visto que estas críticas suelen ser habituales entre los ámbitos científicos y filosóficos, y que en realidad resultará más productivo valorar de manera positiva las reinterpretaciones y los nuevos horizontes de reflexión planteados por los filósofos.

En lo que respecta a la traslación del pensamiento moriniano al ámbito de la arquitectura y el urbanismo, la verdad es que no existen prácticamente propuestas que contemplen esta posibilidad. La carencia de una metodología clara y el alto grado de abstracción conceptual claramente dificultan la traslación de las ideas morinianas a procesos de creación formal o de diseño urbano, pudiendo considerarse como posibles causas de esta falta de conexión entre discursos. A pesar de ello, el autor de la presente tesis considera que el pensamiento complejo de Morin dispone de la suficiente fuerza y contenido como para inspirar nuevas vías de razonamiento y reflexión a nivel arquitectónico, por lo que debería considerarse como una potencial vía de exploración.

2.3_CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES

En el primer capítulo de la tesis veíamos cómo la arquitectura y el urbanismo se alejan de los dogmas mecanicistas para adoptar una visión más comprometida con la verdadera complejidad de los fenómenos arquitectónicos y urbanos. Así, gracias a las reivindicaciones de Jacobs y de muchos otros pioneros, la arquitectura y el urbanismo pasarán a considerarse como problemas de “complejidad organizada”. En el presente capítulo hemos dado el siguiente paso, explicando los diferentes modelos y recursos teórico-prácticos disponibles para abordar y estudiar los fenómenos de complejidad organizada.

En primer lugar hemos visto las teorías englobadas dentro del “enfoque sistémico”, en las cuales se tiende a entender los sistemas como entidades en equilibrio (dinámico), entidades con capacidad de autorregulación. A través de la “Teoría General de Sistemas” de Bertalanffy se han explicado las principales características de estos sistemas, las cuales que se han ampliado a su vez mediante propuestas como la “Teoría de la Autopoiesis”, por ejemplo, en la cual se ha puesto de manifiesto la capacidad de estos sistemas para auto-producir y auto-matener sus propias estructuras. En el aspecto práctico, la cibernética nos ha permitido comprender y expresar matemáticamente los fenómenos de autorregulación a través del bucle de realimentación. Este recurso, a su vez, será parte fundamental de la “Dinámica de Sistemas” de Jay Forrester, un método utilizado para explicar y simular diferentes fenómenos complejos, entre ellos algunos relacionados con el ámbito urbano. Otra de las herramientas directamente relacionadas con los sistemas urbanos y sus redes es la “Teoría de Grafos”, a través de la cual será posible analizar diferentes estructuras sistémicas y comprenderlas de manera holística, lo cual constituye uno de los objetivos centrales de la ciencia sistémica. Por último será necesario hacer alusión a la “Teoría de la Sociedad” de Niklas Luhmann, en la cual se incorporan gran parte de los conceptos vistos anteriormente para generar una teoría general sobre la naturaleza y el funcionamiento del sistema social.

En segundo lugar se ha descrito el enfoque complejo, un enfoque que no se centra tanto en explicar el funcionamiento de los sistemas en equilibrio, sino en entender cómo surgen esos sistemas, cómo se pasa del caos al orden, de las entidades simples al orden complejo. Para ello se han estudiado primeramente las “Teorías del Caos”, en las cuales se demuestra que tras el aparente caos siempre existen ciertas estructuras de orden, ciertos patrones, aunque sean difusos o difíciles de predecir (patrones no-lineales). Asimismo, propuestas como la “Teoría de las Estructuras Disipativas” de Prigogine, la “Teoría de Catástrofes” y la “Teoría de la criticalidad Autoorganizada” demostrarán que cuando los sistemas están lejos del equilibrio, son susceptibles de experimentar procesos de autoorganización, pasando así del caos al orden. En este apartado se han explicado a su vez algunas de las herramientas necesarias para aproximarse matemáticamente a los fenómenos

complejos o fenómenos emergentes, pudiendo destacar recursos como los agentes vida, los autómatas celulares, los L-Systems, etc. Para finalizar se han incluido varias teorías de carácter filosófico, la teoría de los ensamblajes de Manuel De Landa y el pensamiento complejo de Edgar Morin, ambas enfocadas a la creación de una nueva lógica y un pensamiento más coherente y acorde con los principios de la complejidad.

Cabe señalar que las teorías aquí explicadas constituyen simplemente una parte de la vasta producción investigadora desarrollada en torno al paradigma de la complejidad, pudiendo citar a muchos otros protagonistas como por ejemplo Fritjof Capra (*“La trama de la vida”*), James Lovelock y Lynn Margulis (teoría Gaia), Hermann Haken (*“synergetics”*), John Holland (algoritmos genéticos), Herbert Simon (contribuciones a la Inteligencia Artificial y la resolución de problemas complejos), Roy Rappaport (ecosistémica), Heinz von Foerster (segunda cibernética), Magoroh Maruyama (mindscapes), etc. Como se puede comprobar la bibliografía puede ser muy extensa, aunque se entiende que las teorías aquí explicadas pueden ser suficiente para comprender los planteamientos y desarrollos de la arquitectura compleja.

Los conceptos y teorías aquí estudiadas sin duda constituyen una ayuda fundamental para introducirnos en el mundo de la complejidad, pero aun así sigue existiendo un amplio margen para las dudas: ¿Cuál es el mejor modelo para interpretar los fenómenos arquitectónicos? ¿Y los problemas de la escala urbana, cómo deben modelarse? ¿Será más conveniente recurrir al enfoque sistémico o al enfoque complejo?

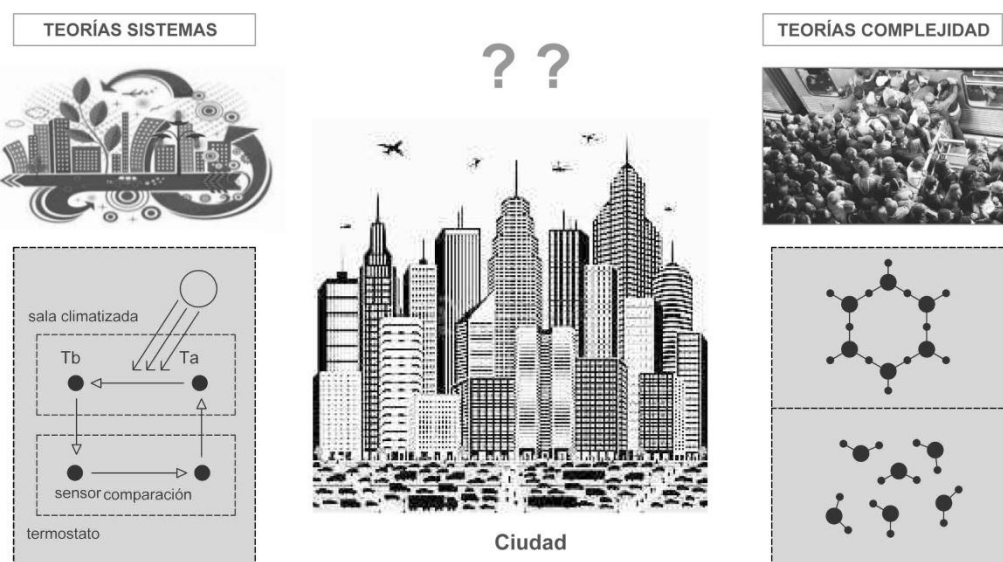


Figura 2.13. Interpretando la ciudad: ¿enfoque sistémico o complejo?

Fuente: Jon Arteta

Evidentemente no existen modelos mejores que otros sino modelos mejor o peor adaptados a los problemas que se quieren estudiar. Todo dependerá de la manera de plantear los problemas, de la escala de estudio que se considere, de a qué factor se le dé más importancia, etc. De hecho, la evidencia demuestra que la realidad no obedece de manera exacta a ninguno de los dos enfoques aquí planteados, sino que ubica más bien en algún punto intermedio entre ambos. Tal y como señalaba el científico social Donald Campbell, lo habitual es que las propiedades emergentes de un sistema acaben influyendo sobre los propios elementos del sistema, dando lugar a lo que se conoce como “causalidad descendente”. Utilizando la terminología propia de De Landa, podríamos decir que los ensamblajes y las jerarquías se combinan y entremezclan entre sí a diferentes niveles, dando lugar una realidad de carácter híbrido.

En definitiva, lo que tenemos es un abanico cada vez más amplio de modelos y herramientas que nos permitirán abordar los fenómenos arquitectónicos y urbanos desde diferentes enfoques, lo cual derivará a su vez en el surgimiento de planteamientos y discursos diversos. En la segunda parte de la tesis seremos testigos de esta diversidad, pero lo que está claro es que para poder comprender debidamente cada uno de estos discursos lo primero será necesario conocer los modelos y conceptos sobre los cuales se sustentan. Ese ha sido el objetivo del presente apartado.

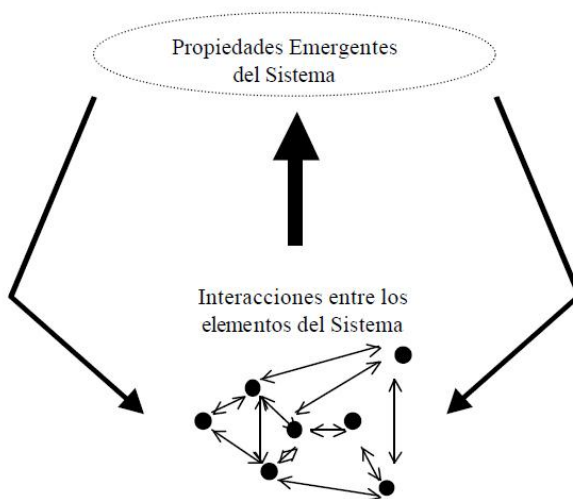


Figura 2.14. Esquema en el que se muestra el efecto de “causalidad ascendente” propuesto por D. Campbell. A este tipo de fenómeno también se lo conoce bajo el término de “Emergencia Fuerte” Fuente: Navarro Cid, 2001; 13

Asimismo, será necesario señalar que las teorías aquí descritas no servirán simplemente como excusa para canalizar los pensamientos tradicionales de la arquitectura, sino que tenderán a estimular activamente la manera en que vemos y pensamos la disciplina. La incorporación de los conceptos y leyes de la complejidad

nos obligará a traspasar los límites del pensamiento cartesiano que todavía predomina en nuestras mentes, empujándonos a ir más allá, a explorar nuevas ideas y posibilidades. Esto será posible gracias a las nuevas herramientas proporcionadas por la complejidad, tanto en su versión matemática y formal (algoritmos complejos, etc.) como en su versión lógico-conceptual (pensamiento complejo de Morin, por ejemplo).

En todo caso, y a pesar de las eventuales limitaciones de nuestra mente, la realidad es que, tal y como afirma el escritor y divulgador científico Steven Johnson (Johnson, 2003; 61), nuestras intuiciones y nuestra manera de pensar están cambiando gracias a la progresiva expansión y popularización de los principios y métodos de la complejidad, lo cual indica que nos encontramos ante un fenómeno global, un fenómeno que influye sobre todas las disciplinas, incluida la arquitectura.

CAPÍTULO 3_HERRAMIENTAS DIGITALES

3.0_INTRODUCCIÓN

3.0.1 Contexto Histórico

Antecedentes: los padres de la computación y la informática

La incorporación de las herramientas digitales de diseño en el ámbito de la arquitectura es el resultado de un largo proceso de desarrollo, desde el surgimiento de los primeros planteamientos relativos a la computación y la informática, hasta su pleno desarrollo e implementación en el seno de la disciplina a lo largo de la década de 1990.

El término “computación” hace referencia a la capacidad de realizar cálculos y desarrollar procesos según instrucciones formales o lógicas, mientras que la informática, por su parte, se refiere a la automatización de estos procesos de cómputo gracias al uso del ordenador ¹. La idea de utilizar máquinas para desarrollar las tediosas tareas de cómputo y gestión de la información surgirá a partir de 1920, originando el nacimiento de las ciencias informáticas. Gracias a los aportes de algunos pioneros como Alan Turing (máquina de Turing, 1936) o John Von Neumann (máquina o arquitectura de Von Neumann, 1945) ², entre otros, esta ciencia se irá desarrollando y consolidando como un importante campo de investigación, siendo especialmente impulsada en sus comienzos por los departamentos de inteligencia militar. De hecho, será en la década de los 50 cuando aparezcan las primeras herramientas informáticas con cierto nivel de sofisticación, como por ejemplo el sistema SAGE (Semi-Automated Ground Environment), utilizado para la coordinación de operaciones militares a través de radar.

Otro hecho significativo es el surgimiento de los primeros estudios formales entorno a la idea de “Inteligencia Artificial” (I.A). Esta nueva disciplina, promulgada principalmente por científicos como John McCarthy o Marvin Minsky, entre otros, invitará a imaginar la posible influencia de la computación sobre diferentes ámbitos del

¹ RAE. “Informática”: Conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de ordenadores.

² Tanto la “máquina de Turing” como la “máquina de Von Neumann” son modelos teóricos, esquemas lógicos fundamentales para el posterior desarrollo de máquinas informáticas reales. La “máquina de Turing” fue presentada por primera vez en un artículo publicado en la revista “*Proceedings of the London Mathematical Society*”, en el año 1936. La “arquitectura de von Neumann” se acuñó a partir del memorando “*First Draft of a Report on the EDVAC*”, de 1945.

conocimiento y de la vida cotidiana, evidenciando la posible trascendencia de los avances informáticos en la gran mayoría de disciplinas y ámbitos del saber. En el caso de la arquitectura, la consideración e incorporación de conceptos y herramientas procedentes de la informática comenzará a darse en la década de 1960, tal y como veremos a continuación.

Arquitectura y Computación en la década de 1960: Pioneros e Iniciadores

Vertiente tecnológica: explorando las relaciones hombre- máquina

En el año 1960, el informático estadounidense J.C.R. Licklider publica un artículo visionario titulado “*Man-Computer Symbiosis*” (Licklider, 1960), en el cual no sólo se establece el programa de trabajo para la ingeniería informática de las próximas décadas, sino que se abre la puerta a una nueva manera de concebir y afrontar la relación entre el hombre y la máquina. Lejos de proclamar la supremacía de uno sobre otro, Licklider imagina al hombre y la máquina colaborando de manera conjunta, estableciendo una interacción productiva que conducirá a la idea de simbiosis. Esta manera de entender las posibilidades de la informática dará origen a un nuevo campo de investigación, un campo híbrido entre lo tecnológico y lo humanístico, que encontrará en la cibernética y la Inteligencia Artificial sus principales vías de desarrollo.

El impacto de esta nueva visión en el ámbito del diseño resultará evidente, tal y como lo demuestra la exposición celebrada en el Institute for Contemporary Arts (ICA) de Londres, titulada “*Cybernetic Serendipity*” (1968), en la cual se recogieron trabajos pertenecientes al ámbito del arte, la música, el cine, la danza o la arquitectura, desarrollados por autores de primer nivel como Norbert Wiener, Stafford Beer, Gordon Pask o John Cage, entre otros.

En el ámbito concreto de la arquitectura, cabrá destacar la importancia de personajes como Gordon Pask o Nicholas Negroponte, pioneros en la incorporación de conceptos y herramientas informáticas en el seno de la disciplina, y principales exploradores de esta supuesta simbiosis entre hombre y máquina.

En el artículo “*The Architectural Relevance of Cybernetics*”, de 1969, Gordon Pask reivindicará la necesidad de considerar la cibernética como un medio fundamental para superar el funcionalismo moderno y avanzar hacia una arquitectura mucho más adaptable y dialogante, hacia una arquitectura basada en el concepto de mutualidad. Pask apostará así por una arquitectura en la que obra y usuario establezcan un diálogo dinámico, una relación de interacción mutua que abra la posibilidad de una concebir una arquitectura en constante evolución.

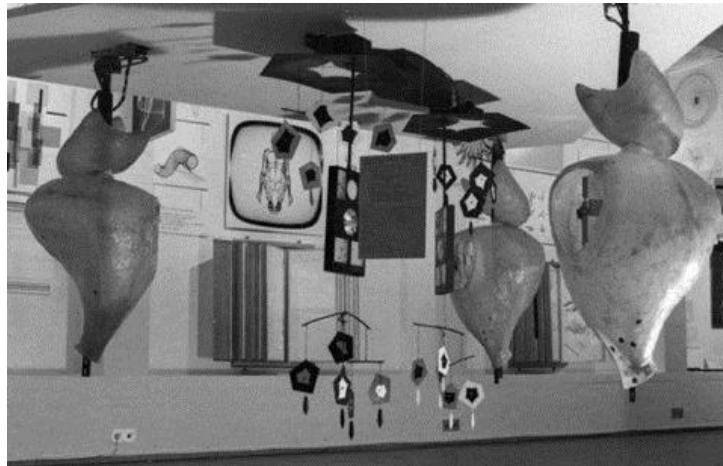


Figura 3.1. Instalación "Colloquy of Mobiles" realizada por Gordon Pask para la exposición "Cybernetic Serendipity" del Institute for Contemporary Arts (ICA) de Londres, 1968

Fuente: Dunn, 2012

El arquitecto estadounidense Nicholas Negroponte, por su parte, explorará la posibilidad de establecer un diálogo productivo entre diseñador y computador, interpretando este último como un auténtico compañero de trabajo, gracias a las posibilidades ofrecidas por la Inteligencia Artificial. A través de sus trabajos al frente del "Architecture Machine Group" del MIT ³, Negroponte tratará de crear una máquina capaz de interactuar con arquitecto en el proceso de creación y desarrollo proyectual, estableciendo una visión extremadamente ambiciosa y singular de lo que debería ser un verdadero diseño asistido por ordenador.

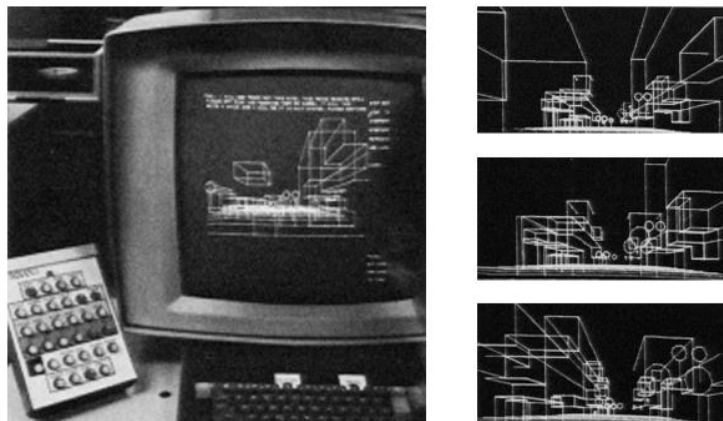


Figura 3.2. Hardware y software del proyecto URBAN 5, desarrollado por el "Architecture Machine Group" del MIT. 1969. Fuente: Negroponte, 1973

³ Nicholas Negroponte, junto con Leon Groisser, fundó el "Architecture Machine Group" (AMG) del MIT en el año 1967, el cual perdura hasta la actualidad, ahora bajo el nombre de Mit Meda Lab. Gordon Pask era uno de los colaboradores asiduos de este grupo.

Vertiente pragmática/discursiva: la digitalidad como parte del pensamiento utópico

Si bien el trabajo de estos pioneros resulta revelador, en ningún caso podrá considerarse como parte del “mainstream” arquitectónico de la época. La gran mayoría de los arquitectos de los 60 no disponían del conocimiento técnico ni de los medios tecnológicos anteriormente descritos, si bien ello no evitaba que la computación y su aplicación a la arquitectura se convirtiesen en un motivo habitual de reflexión y elucubración. En este sentido, la experiencia de John Frazer resulta especialmente reveladora, cuando afirma que, a finales de los 60, *“no teníamos ordenadores a nuestro alcance, de modo que lo único que podíamos hacer era imaginar que existían, e imaginar también todos los avances en tecnología y los cambios sociopolíticos necesarios para hacer realidad nuestros sueños. A eso me refiero con “ordenar sin ordenador”; un ensayo intelectual de lo que la arquitectura y el entorno construido serían a principios del s.XXI”* (Frazer, 2005)

Pese esto, podemos afirmar que el espíritu utópico de los 60 constituye un soporte especialmente apto para el desarrollo de este tipo de “experimentos intelectuales”. De hecho, muchas de las ciudades utópicas planteadas durante esta época contarán con especulaciones y propuestas relacionadas la integración de la cibernética y la computación como parte de esos escenarios futuros, tal y como podemos comprobar en los ejemplos adjuntos:

“Fun Palace” (1958-1964), Cedric Price y Gordon Pask -> “Fun Palace” es un proyecto de centro cultural concebido como una construcción adaptable y cambiante, como una gran megaestructura en la que los diferentes usos y espacios artísticos pueden disponerse de diferentes maneras, según las preferencias de los usuarios. La idea era disponer una estructura fija de soporte dotada de grúas móviles para desplazar los contenedores o volúmenes programáticos según las necesidades o requerimientos de cada momento. Para establecer una relación de interactividad entre arquitectura y usuario, Price y Pask contemplarán la implementación de un sistema informatizado que garantice la constante transmisión de información entre agentes.

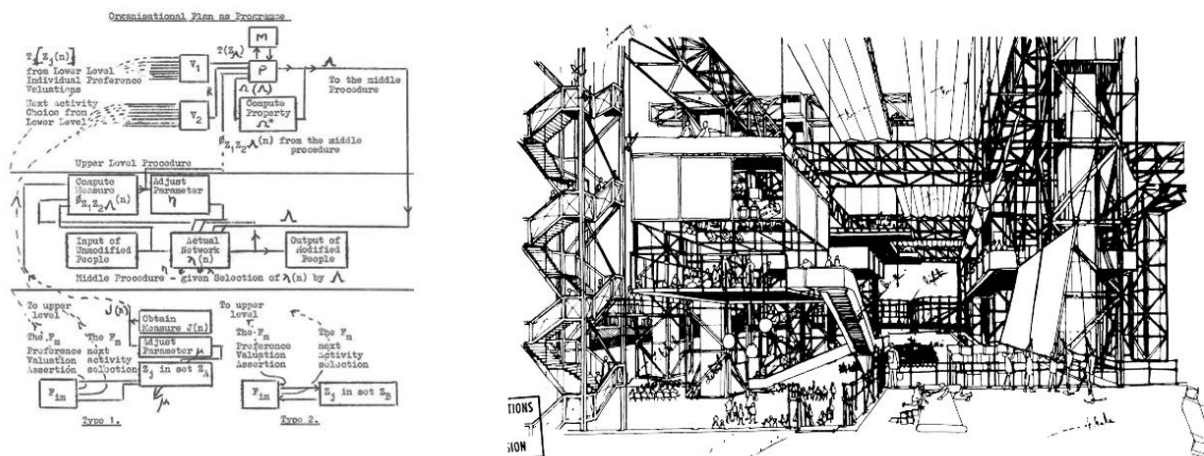


Figura 3.3. (Izda.) Diagrama cibernético para el programa del Fun Palace. Gordon Pask. .
(Dcha) Dibujo del interior del Fun Palace. Cedric Price.

Fuente: Cedric Price Archives, Canadian Centre for Architecture, Montreal

“Flatwriter” (1960), Yona Friedman-> “Flatwriter” era un proyecto de software concebido para el desarrollo de la “Ciudad Espacial” de Yona Friedman. La propuesta del arquitecto francés contemplaba una gran estructura tridimensional que serviría como soporte para los diferentes usos y volúmenes programáticos, diseñados y ubicados según los deseos de los propios habitantes o usuarios. El sistema informatizado “Flatwriter” serviría como instrumento para registrar y codificar las preferencias de cada usuario y comunicárselas a los constructores, posibilitando así la construcción de una ciudad en permanente cambio.

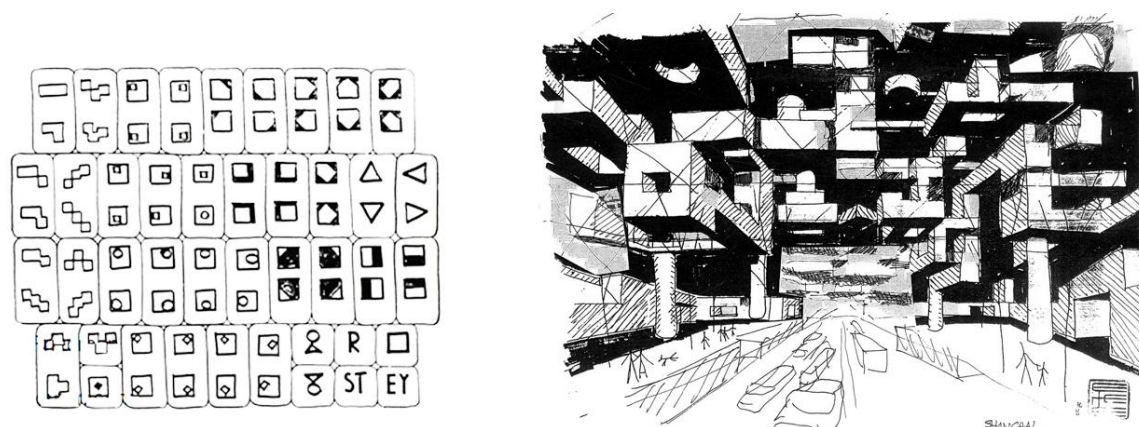


Figura 3.4. (Izda.) Esquema con los códigos y operaciones del sistema “Flatwriter”
(Dcha.) Dibujo de la “Ville Spatiale”, realizado por Yona Friedman

Fuente: www.yonafriedman.com

“Computer City” (1965), Dennis Crompton, Archigram -> “Computer City” consiste en un sistema de sensores y dispositivos electrónicos interconectados y destinados a la monitorización, control y gestión de los diferentes procesos y actividades que acontecen en el entorno urbano. Crompton imagina un sistema capaz de generar una ciudad inteligente y autorregulada: *“the mechanism is at once digital and biological, producing rational and random actions, reactions and counter-actions”* (Crompton, 1963). Esta propuesta, formulada a nivel de hipótesis teórica, fue ideada como complemento al concepto de Plug-in City, incorporando los circuitos electrónicos y el comportamiento cibernético como un componente más de la propuesta megaestructural. Las elucubraciones entorno a las posibilidades de la tecnología digital pasarán a formar parte frecuente de las fantasías y el universo tecnofuturista del grupo Archigram.

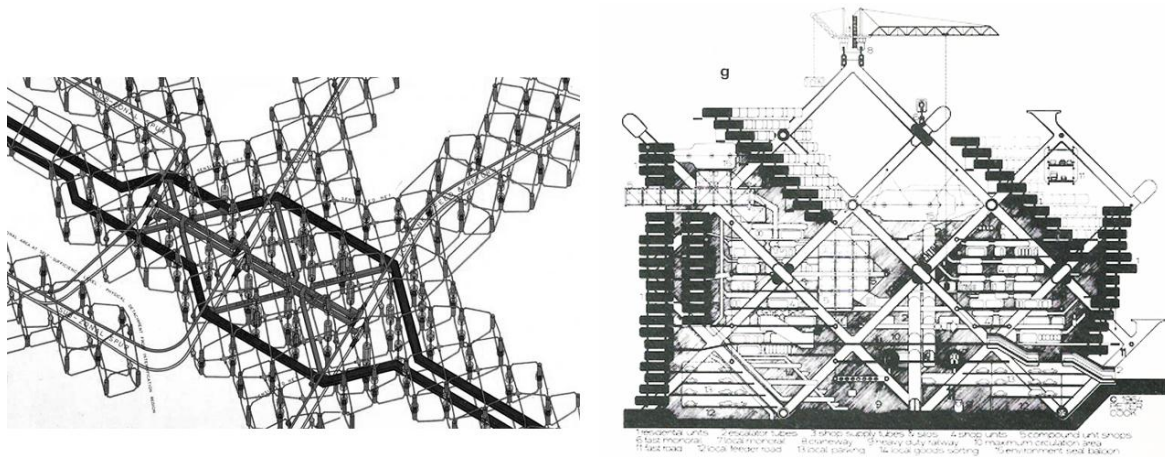


Figura 3.5. (Izda.) Esquema de la “Computer City”, elaborado por Dennis Crompton

Fuente: Dunn, 2012

(Dcha.) Detalle de la “Plug-in City”, Peter Cook, Archigram, 1963-64.

Fuente: Banham, 2001

“World Game” (1967), Buckminster Fuller -> A diferencia de las propuestas anteriores, el “World Game” de Fuller es un sistema que se asienta sobre la ciudad real, aunque reinterpretada desde una nueva escala planetaria. “World Game” es un proyecto de simulación propuesto por Fuller para ensayar la posible optimización de recursos a nivel mundial; frente a la escasez de recursos y la superpoblación del planeta, el arquitecto británico apuesta por adoptar una visión holística y planificar considerando el mundo entero como unidad de análisis. Los prototipos y propuestas de Fuller, presentados oficialmente en la “World Design Science Conference” de 1967, constituyeron una importante fuente de inspiración para generaciones futuras, llegando a fundar el “World Game Institute” en el año 1972.

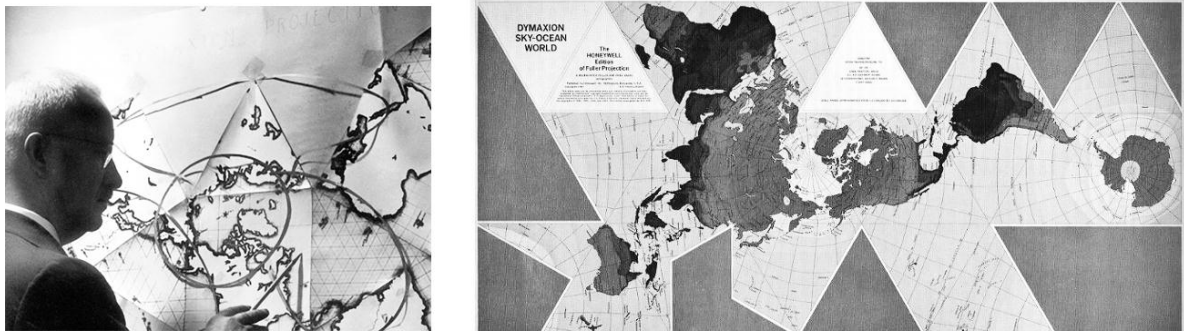


Figura 3.6. (Izda) Imagen de R. Buckminster Fuller trabajando en el proyecto "World Game".

Fuente: www.herbertmatter.org (Dcha.). "Dymaxion Map". Proyección del planeta tierra elaborada por Fuller, y utilizada como base para el desarrollo del "World Game".

Fuente: Fuller, 1969b

Otra de las contribuciones destacables en este período será el trabajo del arquitecto Luigi Moretti entorno a la arquitectura paramétrica, un concepto desconocido hasta el momento pero que comenzará a tomar forma gracias a los aportes del arquitecto italiano. Sus primeras reflexiones sobre la arquitectura paramétrica se remontarán a textos publicados en la década de los 40, aunque será en 1960 cuando Moretti presente sus primeros prototipos diseñados digitalmente, gracias al uso de un computador IBM 610. En la imagen adjunta se muestra la maqueta presentada por Moretti para la XII Triennale di Milano, una propuesta para un estadio deportivo cuyo diseño derivará de la consideración de 19 parámetros diferentes, considerando factores como las condicionantes visuales o los costos económicos, entre otros.

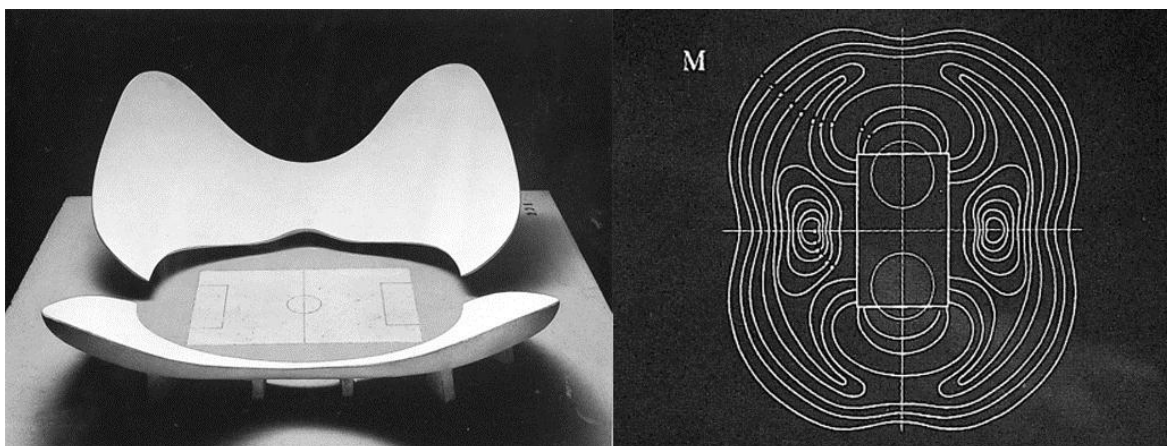


Figura 3.7. Maqueta de estadio diseñado mediante métodos paramétricos. Luigi Moretti. 1960.

Fuente: Bucci & Mulazzani, 2002

Arquitectura y Computación en las décadas de 1970 y 1980: Desarrolladores en la sombra

Vertiente tecnológica: desarrollando la hoja de ruta marcada en los 60

Tal y como afirma Frazer, la agenda básica de los 70 y los 80 se había definido casi en su totalidad en la década de los 60. La época de los pioneros y los iniciadores de tendencias dará paso así a una segunda etapa protagonizada por los “desarrolladores” (Frazer, 2005), una etapa centrada principalmente en el desarrollo de las herramientas tecnológicas.

Uno de los ejemplos más claros de este nuevo contexto será el “*Generator Project*”, desarrollado por Cedric Price en colaboración con John Frazer y su mujer, Julia. Este proyecto será heredero directo de los principios planteados en el “Fun Palace” (1964), y basará su principal originalidad en el desarrollo de un sistema informático propio, un software que permitirá concebir el primer prototipo de “edificio inteligente”.

En esta línea tecnológica, cabrá destacar igualmente los esfuerzos por crear herramientas útiles para la arquitectura y su representación gráfica, evolucionando desde las primeras experiencias de Ivan Sutherland ⁴ y su lápiz óptico, hasta la creación de herramientas como Autocad, con su versión 1.0 presentada en el año 1982.



Figura 3.8. La interfaz “Generator”, desarrollada por John Frazer y su esposa Julia, en colaboración con el arquitecto Cedric Price. (1976-1980). Fuente: Dunn, 2012

⁴ El informático estadounidense Ivan Sutherland es considerado como el padre del dibujo asistido por ordenador. En el año 1963 desarrolló el Sketchpad, una interfaz informática capaz de registrar dibujos hechos con la ayuda de un lápiz óptico.

Vertiente pragmático- discursiva: la desconexión entre herramientas y objetivos

A pesar de los avances tecnológicos desarrollados durante esta época, los 70 y los 80 no pueden considerarse como un período próspero para la integración de la tecnología en las prácticas cotidianas, y tampoco en el ámbito de la arquitectura. Frazer describirá la causa de este desfase como un problema de desconexión entre la tecnología y la realidad (Frazer, 2005), el cual se manifestará en diferentes frentes:

Por una parte cabrá destacar el importante desfase existente entre la rápida evolución de la tecnología y la inercia típica de los sistemas sociales, políticos y económicos. La crisis del petróleo del 73, por ejemplo, provocará un primer desencuentro al poner en cuestión el crecimiento indefinido y la validez del positivismo tecnológico como motor para la nueva sociedad. Se generará así una desconfianza que poco a poco irá derivando en la merma de la creatividad y el espíritu propositivo, una merma especialmente patente bajo los regímenes de Thatcher o Reagan, por ejemplo. Otro caso especialmente representativo de este desfase entre tecnología y contexto sociopolítico será el caso de Chile y el proyecto Synco ⁵, un proyecto destinado a convertir a Santiago de Chile en la primera “ciudad inteligente” del mundo, y cuyo desarrollo fue radicalmente truncado tras el golpe militar de Pinochet.

A este desfase general deberemos sumar la resistencia de la propia disciplina arquitectónica a asimilar los avances del nuevo contexto tecnológico. Fred Scott, en su obra “How it’s made” ⁶, se lamenta del poco interés de los arquitectos por conocer cómo se hacen las cosas, un desinterés que llegará a convertirse incluso en rechazo al ver que las máquinas amenazan con transformar los usos y técnicas tradicionales de la disciplina. Una actitud por otra parte entendible, teniendo en cuenta la deficiente manejabilidad de las primeras herramientas de diseño digital y los pobres resultados que producían a nivel de representación gráfica. En definitiva, los avances tecnológicos desarrollados hasta el momento, aunque importantes, eran todavía insuficientes como para lograr la popularización de la informática.

Un signo especialmente representativo del contexto vivido en las décadas de los 70 y los 80 será el surgimiento del movimiento cultural denominado “cyberpunk”, caracterizado por los relatos distópicos relacionados con el futuro y la tecnología. Éste género de la ciencia ficción reflejará a la perfección la convivencia entre la inquietud por un futuro tecnológico y el cuestionamiento de sus efectos y posibles devenires. De

⁵ El proyecto “Synco” o “Cybersyn” fue un proyecto del gobierno chileno de Salvador Allende para implementar un sistema cibernético para controlar y gestionar la economía del país. El principal arquitecto del sistema fue el científico británico Stafford Beer. Para mayor información consultar el libro de Edén Medina titulado “Revolucionarios Cibernéticos”, LOM Ediciones, 2013.

⁶ Scott, Fred. “How it’s made”. Cosmorama, en Architectural Design, noviembre de 1968, pag 57. Citado en Frazer, John. “Computing without Computers, en Architectural Design vol 75, Ed. John Willey and Sons, Nueva York, 1995, pages 76-77.

hecho será en una de las principales obras de este género, “Neuromante” de William Gibson, donde se acuñe por primera vez un término tan fundamental como “cibespacio”.



Figura 3.9. Imagen perteneciente a la película Blade Runner (1982), uno de los filmes más populares y representativos del ciberpunk.

La Revolución Digital en la década de 1990

A lo largo de la década de 1990 la computación experimentará un crecimiento y una difusión sin precedentes, dando lugar a lo que conocemos como “revolución digital”. Los avances en el desarrollo de microprocesadores y la progresiva reducción de los costes de producción permitirán que la tecnología computacional se popularice, haciendo del ordenador un aparato omnipresente en oficinas y hogares de todo el mundo.

La revolución digital provocará transformaciones en todos ámbitos y escalas de la vida contemporánea. En lo que respecta al campo del diseño arquitectónico y urbano, esta influencia se manifestará tanto a nivel interno -modificando sus herramientas y metodologías de trabajo-, como a nivel externo -transformando el contexto y las condiciones a las que este diseño debe hacer frente.

Revolución Interna: “la Arquitectura Digital”

Gracias a este espectacular desarrollo de la tecnología digital, la arquitectura logrará fusionar finalmente las vertientes tecnológica y discursiva, marcando el inicio de una época dedicada al desarrollo de una la nueva “arquitectura digital” ⁷.

El surgimiento de esta sinergia se deberá en gran parte a la confluencia de intereses entre el discurso arquitectónico, especialmente preocupado por la experimentación formal, y el potencial ofrecido por la tecnología digital de cara a representar y manipular geometrías complejas. Las herramientas digitales permitirán trabajar con geometrías difícilmente abordables desde los métodos y técnicas tradicionales, abriendo así un nuevo y fructífero campo para la experimentación formal. El arquitecto Frank Gehry puede considerarse como uno de los pioneros en este ámbito, siendo uno de los primeros en combinar técnicas analógicas y digitales para el diseño y ejecución de edificios de gran complejidad formal, tales como el museo Guggenheim de Bilbao (1992-97) o el Disney Concert Hall de Los Ángeles (1987-2003). Estas experiencias constituirán simplemente el origen de un amplio movimiento marcado por la progresiva digitalización de los procesos y por la ideación de nuevas metodologías de generación formal, pudiendo destacar protagonistas como Gregg Lynn, FOA, NOX, Zaha Hadid o Coop Himmelblau, entre muchos otros.



Figura 3.10. Fotografía del museo Guggenheim de Bilbao, obra del arquitecto Frank O. Gehry.
Fuente: www.guggenheim-bilbao.eus

⁷ El arquitecto Yu Tung Liu, profesor en la National Chiao-Tung University de Taiwan y experto en nuevas tecnologías digitales, definirá la arquitectura digital como “*any architecture that strategically utilizes any computing digital media in the process of its architectural design: from the design concept; through the early design, design development, detail design, and construction planning. As long as the computing digital media is used in any (or ideally all) of these stages, to create important results in architecture’s function, form, mass, space or architecture theory, such architecture could generally be defined as Digital Architecture.*”

El advenimiento de la arquitectura digital será un fenómeno ampliamente celebrado y difundido tanto dentro como fuera de la propia disciplina arquitectónica, lo cual se reflejará en la proliferación de publicaciones, exposiciones y eventos dedicados este tema. Un ejemplo representativo es el hecho de que la revista española Arquitectura Viva (AV), en el número dedicado a hacer balance de la producción arquitectónica de la década de 1990, adoptase como título “La Década Digital”⁸. No es nuestro objetivo aquí desarrollar un análisis exhaustivo de los diferentes tipos de eventos y publicaciones, aunque sí merecerá la pena subrayar el destacado papel desempeñado por la revista británica “Architectural Design” (AD) en la promoción de este movimiento, haciendo públicos los textos de arquitectos y pensadores clave en este ámbito. Algunas de las publicaciones más relevantes de AD en el campo de la arquitectura digital serán “*Architects in Cyberspace I* (1995) y *II* (1998)”, “*Architecture after Geometry*” (1997), o “*Hypersurface Architecture I* (1998) y *II* (1999)”.

Revolución Externa: la “Sociedad de la Información”

La revolución digital no sólo afectará a los mecanismos internos de la arquitectura, sino que también influirá de manera indirecta, transformando el contexto social en el que se enmarca la disciplina. Las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) han producido cambios radicales sobre prácticamente la totalidad de los ámbitos de la vida contemporánea, dando lugar a lo que se conoce como “Sociedad de la Información”. La popularización de los computadores y de la red de Internet ha generado una sociedad basada en la circulación de datos, en la transmisión de informaciones a una velocidad nunca antes imaginada, provocando cambios en todos los ámbitos y escalas.

Para el filósofo y matemático Javier Echeverría, la revolución digital no solo provocará importantes cambios sobre las estructuras establecidas, sino que contribuirá a generar un nuevo entorno de acción, “*un nuevo espacio social que difiere profundamente de los entornos naturales y urbanos en los que tradicionalmente han vivido y actuado los seres humanos*” (Echeverría, 1999). Echeverría hablará así de un “Tercer Entorno”⁹ digital que, superpuesto e interrelacionado con el mundo físico, contribuirá a generar una nueva realidad híbrida (físico- virtual).

⁸ Arquitectura Viva. La década digital. Nº 69. 11-12/1999

⁹ Los entornos considerados por Echeverría son: entorno natural (E1), entorno urbano (E2) y entorno digital o tercer entorno (E3). Asimismo, E3 será el sustento de la nueva ciudad digital o “Telépolis”.

E1 y E2	E3	E1 y E2	E3
Proximal	Distal	Estabilidad	Inestabilidad
Recintual	Reticular	Localidad	Globalidad
Material	Informacional	Pentasensorial	Bisensorial
Presencial	Representacional	Memoria natural interna	Memoria artificial externa
Natural	Artificial	Analógico	Digital
Sincrónico	Multicrónico	Diversificación semiótica	Integración semiótica
Extensión	Compresión	Homogeneidad	Heterogeneidad
Movilidad física	Fluencia electrónica	Nacionalidad	Transnacionalidad
Circulación lenta	Circulación rápida	Autosuficiencia	Interdependencia
Asentamiento en la tierra	Asentamiento en el aire	Producción	Consumo

Figura 3.11: Propiedades estructurales del Tercer Entorno
Fuente: Echeverría, 1999; 145

La consideración de este tercer entorno implicará a su vez la aceptación de unas nuevas normas de juego, de un nuevo funcionamiento de la realidad sobre el que se han desarrollado multitud de estudios y conceptualizaciones, destacando, además de la contribución de Echeverría, importantes reflexiones por parte de pensadores como M.McLuhan (“aldea global”), M.Castells (“la ciudad informacional”), P.Virilio (“dromología”) ¹⁰, A.Toffler (“la tercera ola”), etc.

Adoptando las palabras del arquitecto Manuel Gausa, podremos hablar efectivamente del surgimiento de unas nuevas “condiciones de entorno” (Gausa, 2010; 89) para la arquitectura, de un nuevo escenario complejo en el que la arquitectura deberá redefinir y adaptar su significado y función. Ante este reto, las herramientas de diseño digital parecen un aliado especialmente valioso, y su análisis, una tarea ineludible.

3.0.2 Digitalidad y Arquitectura en el Contexto Contemporáneo

Características generales

El proceso de digitalización experimentado a principios de los 90 constituirá el comienzo de una alianza permanente y productiva entre arquitectura y digitalidad, una simbiosis irreversible cuyas consecuencias siguen siendo motivo de estudio y experimentación en el actual contexto contemporáneo. Son ya más de tres décadas en las que lo digital ha pasado de ser algo novedoso y singular a convertirse en una

¹⁰ “Dromología” es un concepto creado por el ensayista francés Paul Virilio para estudiar la velocidad con la que se producen las transformaciones y las relaciones sociales en el contexto de la nueva era digital. Virilio estudia la “dromología” para conocer de qué manera están afectando al hombre las nuevas tecnologías, el nuevo concepto de tiempo, la virtualidad, el ciberespacio, o los nuevos modos de comunicación.

realidad cotidiana, en un aspecto básico del diseño contemporáneo. Tal y como afirma Stan Allen, *“en las décadas de 1980 y 1990, el ordenador mantenía un status de culto; dividía la arquitectura entre creyentes y escépticos, un mundo de profetas, discípulos y conversos entusiastas.(...) Hoy el ordenador no es una nueva tecnología que deba ser celebrada o deconstruída, es un simple hecho”*. (Allen, 2009; 162).

La generalización de la “arquitectura digital” provocará ciertas transformaciones en el desarrollo de la práctica arquitectónica, originando un nuevo marco de acción. A nivel general, podríamos describir este nuevo contexto a partir de dos ideas o conceptos:

“Arquitectura no-estándar”

La digitalización ha provocado un cambio de paradigma en el diseño, pasando de la lógica mecanicista e industrial de la “estandarización” a una nueva lógica compleja y post-fordista basada en el diseño y la producción “no-estándar”. Las exploraciones sobre geometrías complejas de comienzos de los 90 constituyen un claro ejemplo de ruptura con lo regular y lo estandarizado, aunque esas experiencias deben entenderse como el primer reflejo de una lógica mucho más profunda, de una nueva manera de pensar y concebir el proceso de diseño. Patrick Beauce y Bernard Cache (Beauce & Cache, 2004) hablarán así de un nuevo paradigma en el que la adaptabilidad y la variación se convierten en protagonistas; el diseño ya no estará regido por leyes rígidas y plenamente deterministas, sino por esquemas capaces de absorber ciertos grados de variación e indeterminación.

“El bucle de realimentación arquitectura- digitalidad”

Las herramientas digitales pueden servir para canalizar y materializar ideas concebidas previamente, pero también servirán como inspiración o punto de partida para nuevas búsquedas y planteamientos teórico- prácticos. Al igual que en la mayoría de los campos del saber, el ordenador ha abierto nuevas puertas a la acción y la experimentación, provocando un cambio global en la manera de ver, estudiar y diseñar el mundo que nos rodea. A.Bundy hablará de una “revolución intelectual” provocada por el surgimiento de un nuevo tipo de pensamiento, el “pensamiento computacional” (Bundy, 2007).

En el actual contexto de plena inmersión tecnológica ya no tendrá sentido hablar de inspiradores e inspirados, sino de un constante bucle de realimentación entre el pensamiento teórico y las herramientas digitales, estableciendo un proceso de catálisis mutua.

Esta condición se verá especialmente reflejada en el funcionamiento de algunas grandes firmas de arquitectura, en las cuales se crearán equipos específicos dedicados al desarrollo de tecnologías digitales y software como apoyo al trabajo de los arquitectos, generando así una estructura de trabajo orientada a fomentar el

diálogo y el enriquecimiento mutuo. Tal será el caso, por ejemplo, de la compañía Gehry Technologies ¹¹, creada para apoyar a la oficina del arquitecto F.Gehry, o del “BlackBox Studio” ¹², creado como complemento para la oficina norteamericana SOM.

Hacia una Teoría del Diseño Digital

Para poder desarrollar una “arquitectura digital” cada vez más consistente y operativa, resultará fundamental ampliar progresivamente el conocimiento sobre la tecnología digital y sus posibilidades. Este hecho, sin embargo, contrastará con la denuncia de numerosos autores (K. Terzidis, R. Oxman, T. Kotnik, etc.) sobre la falta de compromiso, interés y rigor con que la arquitectura se aproxima a este tema.

En el ámbito de la formación universitaria, por ejemplo, no existe un bloque docente suficientemente amplio y profundo que proporcione a los alumnos una visión global y operativa sobre las posibilidades arquitectónicas asociadas a los medios digitales. Así pues, los recursos digitales suelen estudiarse de manera puntual y discontinua, entendidos siempre como una herramienta auxiliar o subsidiaria para el desarrollo de las ideas adquiridas en otras materias. La arquitecta Rivka Oxman denunciará explícitamente esta situación reivindicando la necesidad de considerar el “diseño digital” como una disciplina en sí misma, una disciplina capaz de inspirar y promover por cuenta propia el surgimiento de nuevas estrategias proyectuales. (Oxman, R., 2006; 230)

En lo que respecta al campo editorial, el predominio de la singularidad y el impacto mediático tenderán a generar un escenario tan sugerente como disperso y poco operativo. La estrategia seguida suele basarse en el bombardeo de imágenes, en general poco o escasamente explicadas y ligadas, bajo el pretexto de no cohibir o limitar la capacidad asociativa e imaginativa del lector. Incluso en las publicaciones más vinculadas a la reflexión teórica, predominan los textos que abordan el tema de lo digital en arquitectura como una crónica, como una descripción que pocas veces llega a ahondar en los verdaderos mecanismos y fundamentos del mundo digital.

¹¹ Gehry Technologies fue fundada en el año 2002 por el departamento de I+D del estudio Frank Gehry and Associates, con el objetivo de desarrollar nuevas herramientas de software que ayuden al diseño y producción de nuevas arquitecturas. Entre los productos de software más destacados se encontrarán diferentes adaptaciones del programa de diseño aeroespacial Catia, y especialmente el programa “Digital Project”. Entre los colaboradores habituales Gehry podremos encontrar nombres como Gregg Lynn o John Frazer.

¹² BlackBox Studio se fundó en el año 2007 como un grupo de investigación en tecnología digital, incorporado en la oficina de Chicago de la firma de arquitectos SOM (Skidmore, Owing & Merrill). BlackBox trabajará así en la mejora de sistemas BIM (Building Information Modelling), en la exploración de nuevas herramientas paramétricas, en la ideación de procesos algorítmicos para la generación formal, etc.

Por último deberemos hacer referencia también al ámbito de la práctica profesional, en donde la visión utilitaria y auxiliar del software predomina claramente sobre cualquier otra consideración. Incluso en muchas de las oficinas ligadas a la experimentación y la arquitectura singular, lo digital suele tratarse más como un recurso mediático que como una verdadera herramienta de innovación y reflexión proyectual.

Ante esta situación, autores como Rivka Oxman, Kostas Terzidis o Toni Kotnik, entre otros, reivindicarán la necesidad de crear un cuerpo teórico específico para el “diseño digital”, un campo de conocimiento propio que permita fijar conceptos, investigar y experimentar en el ámbito de la digitalidad arquitectónica. Sólo de esta manera se logrará generar un verdadero diálogo entre arquitectura y digitalidad, un auténtico vínculo bidireccional en el que ambos puedan inspirarse mutuamente.

3.0.3 Estrategias y Métodos de Diseño Digital. Taxonomía y fundamentos básicos

En su acepción más general, podremos definir la arquitectura digital como aquella que utiliza herramientas digitales en alguna de las fases del proyecto arquitectónico. Esto implicará a su vez la necesidad de traducir (en algún momento) las ideas arquitectónicas a lenguaje de programación, para que se pueda producir la comunicación entre diseñador y máquina. Todo diseño en el que se haga uso del computador (hoy en día prácticamente el 100% de los proyectos de arquitectura) deberá contemplar, pues, algún tipo de estrategia sobre cómo relacionar arquitectura y digitalidad.

En la mayoría de los casos, este vínculo suele establecerse de una manera inconsciente o predefinida, limitando lo digital al uso de software comercial tipo Autocad o similares. Esto no significa, sin embargo, que la relación entre arquitectura y digitalidad deba producirse siempre así. De hecho, al obviar o asumir inconscientemente esta relación entre arquitectura y digitalidad estaremos renunciando a explorar un campo plagado de posibilidades de cara a la innovación y al desarrollo de nuevos planteamientos proyectuales.

La idea de una “teoría del diseño digital” obedecerá pues a la voluntad de conocer y articular este campo de posibilidades, explorando diferentes maneras de comunicar lo digital y lo arquitectónico. Para ello será necesario penetrar en la “caja negra” de la computación y la programación, a fin de conocer las verdaderas posibilidades de lo digital más allá de las clásicas aproximaciones discursivas y/o metafóricas.

Algunos autores como Kostas Terzidis, Rivka Oxman, Nick Dunn o Toni Kotnik han profundizado en este tema, aportando visiones y propuestas conceptuales fundamentales para el desarrollo de un verdadero conocimiento del diseño digital. Nuestro trabajo consistirá en sintetizar y reinterpretar algunas de esas ideas con el fin de establecer un mapa general de lo que serían las principales tendencias o “estrategias de diseño digital” vinculadas a la arquitectura. Cada una de las estrategias revelará una manera de pensar, de concebir y de implementar lo digital en el seno del diseño arquitectónico.

3.1 MÉTODOS REPRESENTACIONALES

3.1.1 Definición y fundamentos

Este tipo de métodos se refieren a la utilización del ordenador exclusivamente como herramienta de dibujo o representación. Las herramientas digitales se conciben como un recurso para facilitar la representación gráfica de formas arquitectónicas.

La comunicación entre diseñador y ordenador se producirá a través de paquetes comerciales de CAD, los cuales permitirán al usuario representar formas geométricas a partir de un determinado número de comandos tipo. Si bien cada comando o acción conllevará un proceso de cómputo o cálculo digital a nivel interno del programa, estos procesos permanecerán ocultos al usuario, cuya función se limitará al control y manipulación de las formas resultantes.

Este tipo de estrategias obedecerán a la figura del diseñador como único agente creativo, de cuya mente surgirán las ideas y formas geométricas que posteriormente deberán ser traducidas a gráfica digital. El diseñador mantendrá un control pleno sobre la forma resultante en todos y cada uno de los pasos del diseño, obedeciendo a la lógica visual y formal típica de las técnicas tradicionales en papel.

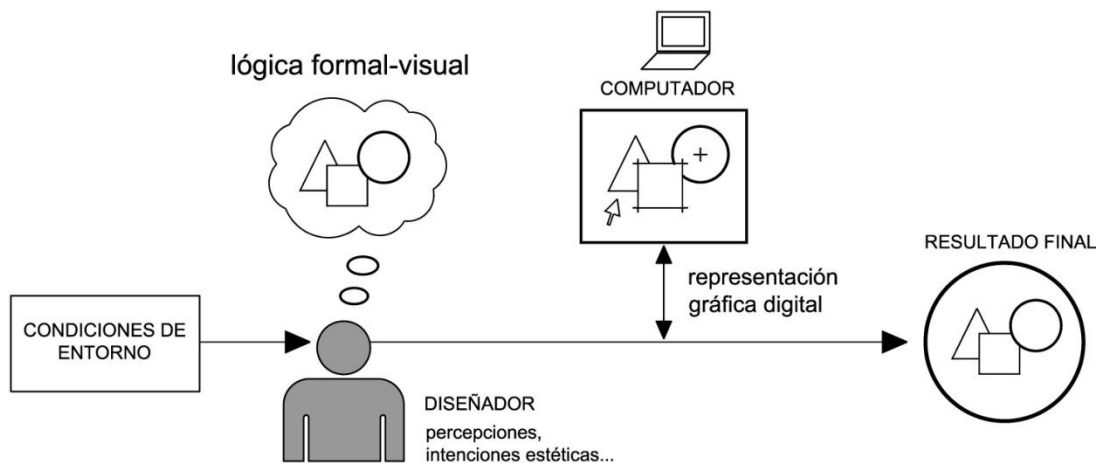


Figura 3.12: Esquema conceptual de las estrategias representativas de diseño digital
Fuente: Jon Arteta

El empleo de programas tradicionales de CAD ofrecerá principalmente dos ventajas: por una parte, permitirá automatizar y agilizar las tareas mecánicas y repetitivas siempre presentes en los trabajos de diseño. Esto será posible gracias a recursos como los comandos copiar/cortar/pegar, los bloques o las referencias externas en los programas de CAD clásicos, o la automatización entre vistas 2D y 3D característica de las plataformas BIM.

Por otro lado, las herramientas digitales de representación permitirán dibujar y manipular geometrías complejas difícilmente tratables sobre el papel. La posibilidad de dibujar y visualizar figuras en 3D y la incorporación de recursos geométricos como, por ejemplo, las NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines)¹³, permitirán al diseñador acceder a nuevas cotas de libertad en lo que se refiere al desarrollo y experimentación con nuevas formas arquitectónicas.

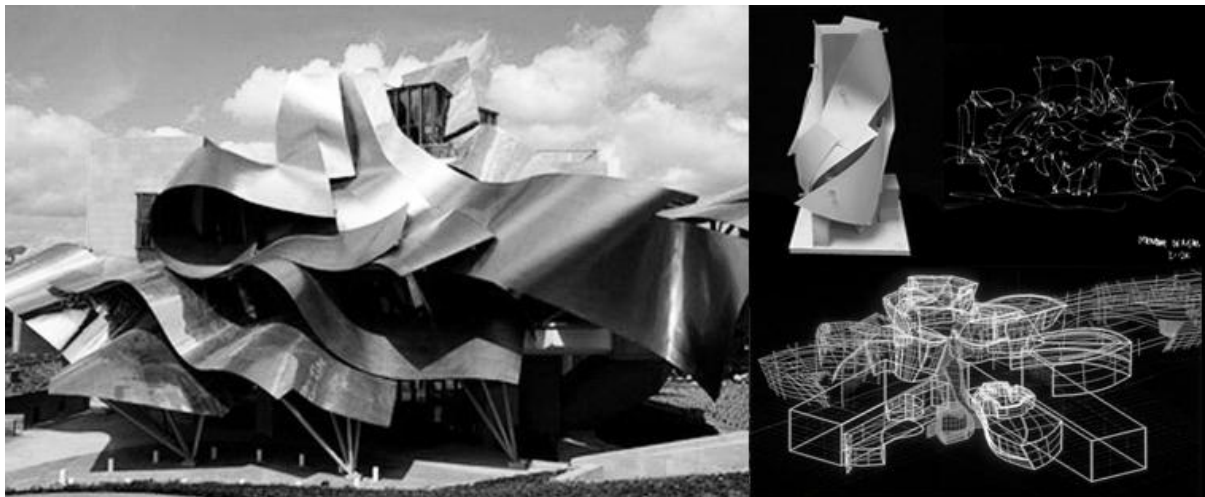


Figura 13: Frank O. Gehry representa un caso singular dentro de las estrategias representativas, ya que previamente a la manipulación del modelo digital, el arquitecto desarrolla bocetos y maquetas físicas que posteriormente son escaneadas (en 3D) y transformadas en representaciones gráficas digitales y superficies NURBS. Gehry fue uno de los primeros en emplear el software de ingeniería aeroespacial “Catia” para el diseño arquitectónico. Fuente: imágenes procedentes de publicaciones varias.

3.1.2 El paso de la lógica representacional a la lógica algorítmica

Las estrategias representacionales pueden considerarse como las más habituales en el actual contexto arquitectónico, aunque no por ello deben considerarse como la principal vía de desarrollo de la “arquitectura digital”. De hecho, autores como K. Terzidis o T. Kotnik se mostrarán especialmente críticos con esta vía de trabajo, llegando a considerarla como no-digital (Terzidis, 2006; Kotnik, 2010). Para estos autores, las estrategias representacionales constituyen una aproximación excesivamente superficial al ámbito de lo digital, una aproximación en la que el diseñador nunca llega a ser consciente de los procesos computacionales y algorítmicos implícitos en el proceso de diseño.

¹³ NURBS, Non-Uniform Rational B-Splines es un modelo matemático muy utilizado en la computación gráfica para generar y representar curvas y superficies. La ventaja de las NURBS es que pueden ser moldeadas fácilmente a través de la manipulación de sus “puntos de control”.

En opinión del autor de la tesis, la influencia de las estrategias representacionales sobre la manera de pensar y experimentar en arquitectura ha sido suficientemente destacada como para considerarlas como una vía de trabajo relevante dentro de la arquitectura digital, más allá de posibles puntualizaciones o sutilezas conceptuales.

Las estrategias algorítmicas, por su parte, serán aquellas en las que el diseñador se interna en la “caja negra” de la informática, participando directamente en el diseño de algoritmos y lenguajes computacionales. Esto implicará una nueva manera de aproximarse a lo digital y al uso del computador, que pasará de ser una mera herramienta auxiliar a convertirse en un auténtico “compañero de trabajo”¹⁴. Tal y como lo avanzara J.C.R. Licklider en su artículo de 1960, hombre y máquina deberán entenderse como entidades con habilidades y aptitudes diferentes y a la vez complementarias, existiendo un importante potencial de colaboración entre ambos. Las estrategias algorítmicas se centrarán precisamente en la exploración de este potencial, a fin avanzar en el desarrollo de nuevas metodologías y estrategias proyectuales.

El hecho de concebir el ordenador como un compañero de trabajo implicará asumir cierto grado de incertidumbre en el resultado final del diseño, aceptando así las contingencias derivadas del cálculo y las operaciones computacionales. Esto nos llevará a su vez a una nueva manera de concebir el propio proyecto arquitectónico; ya no se tratará de una creación exclusiva de la inspiración y la creatividad humanas, sino de una especie de experimento, de una exploración más próxima a la metodología científica.

Para que hombres y máquinas puedan comunicarse será necesario que los mensajes estén expresados en un lenguaje común, un lenguaje que ambos sean capaces de comprender y codificar/descodificar. El algoritmo será la manera de expresar cualquier tipo de mensaje en este lenguaje común, y por lo tanto deberemos considerarlo como “el mediador entre la mente humana y la capacidad de procesamiento del computador” (Terzidis, 2006; 16). El diseño de algoritmos constituirá una tarea básica en todas las estrategias proyectuales vinculadas a la programación y la computación, y por ello se denominarán “estrategias algorítmicas”

Existirán muchas y muy diversas maneras de programar y utilizar algoritmos en el diseño arquitectónico, pudiendo distinguirse principalmente tres grandes tipos de estrategias, desarrolladas a continuación.

¹⁴ Son numerosos los autores que han reivindicado explícitamente la necesidad de concebir el ordenador como una herramienta relevante en el proceso de diseño, y no como un mero sustituto del tradicional tablero de dibujo. Entre ellos podríamos destacar a L.Iwamoto (“Digital Fabrications: architectural and material techniques”, 2009) N.Negroponte (“The Architecture Machine”, 1970), Dennis Dollens (“De lo digital a lo analógico”, 2002), J.Frazer (“Evolutionary Architecture”, 1995), Kostas Terzidis (“Algorithmic Architecture”, 2006), etc.

3.2 MÉTODOS PARAMÉTRICOS

3.2.1 Definición y fundamentos

“El diseño paramétrico permite al diseñador definir relaciones entre elementos o grupos de elementos y asignarles valores o expresiones para organizar y controlar dichas definiciones” (Dunn, 2012; 54).

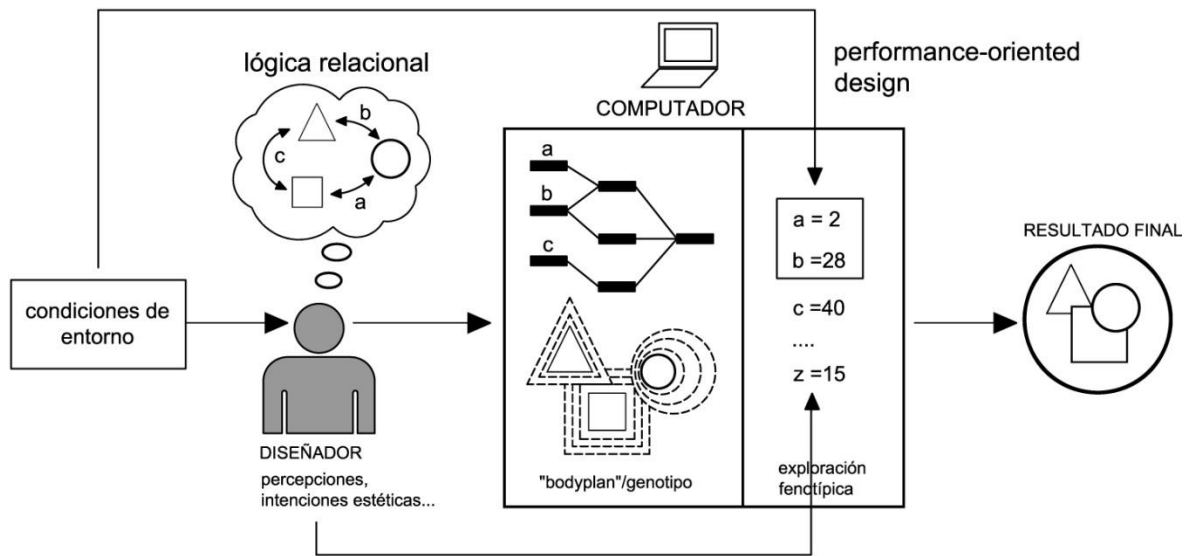


Figura 3.14: Esquema conceptual de las estrategias paramétricas de diseño digital
Fuente: Jon Arteta

A diferencia de las estrategias representacionales, en las que los elementos representados digitalmente tienden a ser independientes entre sí, en las estrategias paramétricas los diferentes elementos y componentes se encontrarán altamente interconectados a través de leyes relacionales. Así pues, el diseñador no solamente ideará los elementos o componentes básicos del sistema, sino que además deberá diseñar y programar los vínculos existentes entre los mismos a través de funciones matemáticas.

En la imagen adjunta se recoge una captura de pantalla del programa Grasshopper (plug-in de Rhino), en la cual se puede comprobar perfectamente el diseño de las relaciones entre elementos, siguiendo un esquema característico en forma de árbol. Algunos autores denominan a este esquema como *“body plan”* (De Landa, 2002) o *“metadesign”* (Spuybroek, 2010).

Las funciones o leyes relacionales dependerán, a su vez, de una serie de variables o parámetros internos que permitirán que una misma ley relacional se manifieste de diferentes maneras. En función de los valores asignados a estos parámetros, el modelo adquirirá diferentes dimensiones y aspectos. Así pues, podremos decir que el “body plan” es un modelo genérico, un campo de posibilidades cuya manifestación final dependerá de los valores asignados a los diferentes parámetros. En la imagen de grasshopper adjunta se puede comprobar este fenómeno, y sus consecuencias a nivel formal y gráfico.

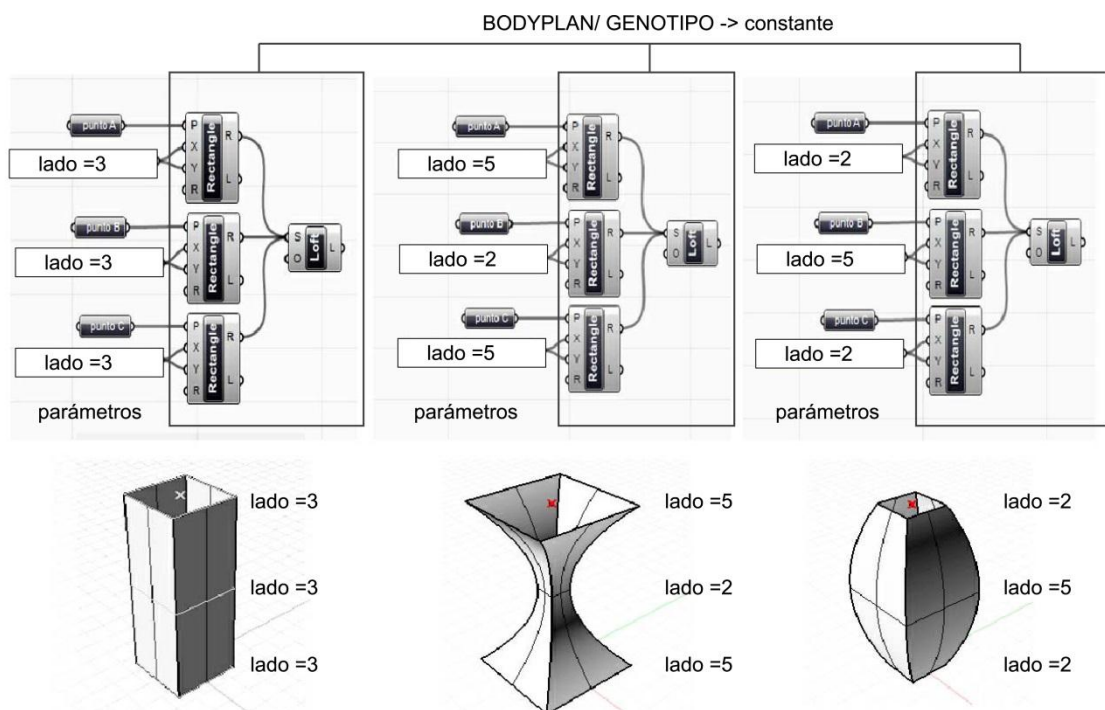


Figura 3.15: Ejemplo de modelado paramétrico elaborado en Grasshopper.

Fuente: Jon Arteta

Otras de las características fundamentales de los métodos paramétricos es el modelo tiende a funcionar de manera solidaria como un todo, de modo que el cambio en uno de los parámetros afectará al resto de parámetros y comandos asociados (reacción en cadena), dando lugar a una actualización completa (e “instantánea”) del modelo.

El arquitecto Daniel Davis, autor de la tesis doctoral titulada “*Modelled on Software Engineering; Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture*” (Davis, 2013), dedicará algunos párrafos a describir las particularidades de los sistemas paramétricos, aclarando todos los posibles malentendidos que surgen entorno a este tipo de métodos. Así, según el propio Davis, “*a parametric model is*

unique, not because it has parameters (all design, by definition, has parameters), not because it changes (other design representations change), not because it is a tool or a style of architecture, a parametric model is unique not for what it does but rather for how it was created. A parametric model is created by a designer explicitly stating how outcomes derive from a set of parameters". (Davis, 2013; 31). Así, Davis destaca la importancia de que las relaciones entre los diferentes elementos del sistema paramétrico estén expresadas de manera explícita, a través de funciones matemáticas (mediante código informático).

3.2.2 Las herramientas paramétricas y el diseño "performativo"

Tal y como acabamos de ver, el diseño de una arquitectura paramétrica podrá dividirse en dos fases: la primera consistirá en la elaboración del "body plan" o esquema de relaciones genérico, mientras que la segunda parte consistirá en la asignación de valores concretos a los parámetros existentes, a fin de llegar a un resultado final con una geometría específica. El diseñador dispondrá de total libertad para determinar dichos valores, pudiendo optar por dictarlos él mismo intuitivamente, o por considerar valores procedentes de tablas o bases de datos externas. Será precisamente en este segundo caso donde radique el mayor interés de la arquitectura paramétrica, y es que será posible conectar las leyes de génesis formal (leyes relacionales) con datos relativos a fenómenos externos, tales como el soleamiento, viento, ruido, características topográficas, etc. Este modo de diseñar permitirá generar geometrías sensibles y directamente conectadas con los fenómenos de su entorno, dando lugar a lo que se conoce como "performance-oriented design" o diseño "performativo" ¹⁵.

Este aspecto será explicado por el profesor Michael Weinstock a través de una analogía biológica, asimilando el proceso de desarrollo y crecimiento de los seres vivos al proceso de diseño paramétrico (Hensel, Menges & Weinstock, 2010). En la actualidad sabemos que la forma adoptada por un determinado ser vivo no constituye una traslación directa y pura de la información contenida en su código genético (o genotipo), sino una manifestación de dicha genética adaptada por las fuerzas del entorno en el que habita (fenotipo). La génesis de la forma final estará basada pues en la interacción entre leyes genéricas internas y las singularidades del entorno, fenómeno que será perfectamente identificable en el seno de la arquitectura paramétrica, con la interacción entre el bodyplan y los parámetros sensibles al entorno.

¹⁵ Para desarrollar el "Performance- Oriented Design" será necesario concebir la arquitectura como un agente activo, como un elemento que modifica directamente las características de su entorno. Así pues, el diseño "performativo" consistirá en diseñar la arquitectura atendiendo a sus consecuencias ambientales, a sus comportamientos asociados. Para ello será fundamental conocer el entorno y experimentar con él, simulándolo para obtener datos operativos que nos sirvan para dirigir el diseño de las geometrías arquitectónicas.

Al igual que en los seres vivos, la generación de la forma paramétrica se concibe como un proceso evolutivo, un proceso en el que la arquitectura va variando su forma para adaptarse a los diferentes requerimientos del proyecto. Tal y como indica Rivka Oxman, esta estrategia de diseño *“has transformed the concept of “form” into the concept of “formation”* (Oxman R., 2006; 249). Esto implicará el paso de una “lógica objetual” (basada en formas puras, rígidas y con unas dimensiones claramente definidas) a una “lógica procesual” mucho más libre y flexible, en la que las directrices formales estarán definidas por una especie de código genético, por un esquema “disposicional” abierto. Un esquema que describe un mecanismo, un proceso de generación formal o morfogénesis.

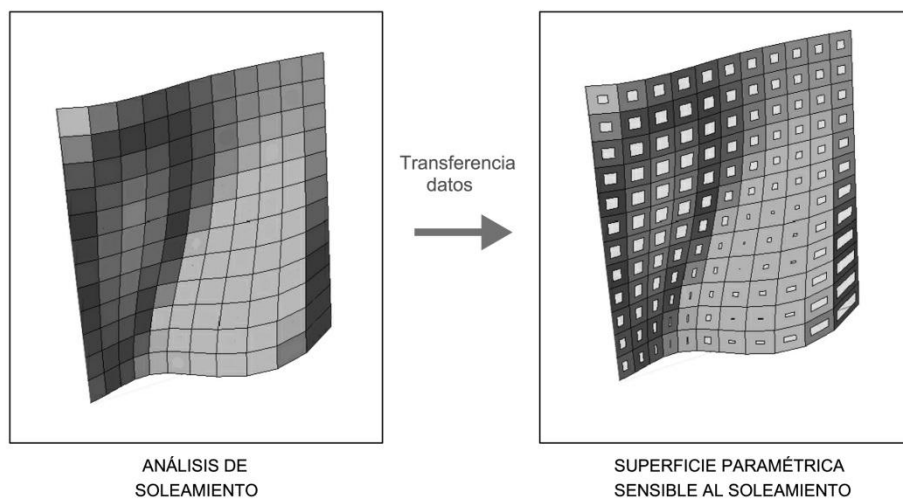


Figura 3.16: Ejemplo de diseño “performativo” a partir de los datos de soleamiento
Fuente: Jon Arteta

El hecho de diseñar conectando geometrías y fenómenos o requisitos funcionales de una forma lógica y operativa nos conducirá también a una nueva manera de entender la relación entre forma y función, sustituyendo las confrontaciones típicas del Movimiento Moderno por una lógica integradora, en la que preceptos formales y funcionales interactúan generando un bucle de realimentación mutua. Esta manera de diseñar se conocerá con el nombre de “performance oriented design” (o diseño performativo).

3.2.3 Las herramientas paramétricas y el diseño “interactivo”

En esta misma línea, será necesario indicar posibilidad de incorporar el factor tiempo dentro de los esquemas paramétricos, dando lugar a lo que se conoce como “estrategias interactivas”. Así, en los diseños interactivos se dejará que algunos parámetros puedan variar su valor a lo largo del tiempo, para lo cual será necesario

que dichos parámetros estén permanentemente conectados a aparatos o mecanismos que midan y recojan información de diferentes fenómenos en tiempo real. Dichos fenómenos podrán ser de naturaleza muy diversa, desde fenómenos naturales relacionados con el clima hasta fenómenos humanos relacionados con el movimiento físico o el flujo de información. En las redes, por ejemplo. Los diseños interactivos suelen considerarse como experimentos ubicados en el límite de la disciplina, borrando los límites entre arquitectura y máquina y abriendo múltiples vías de debate y discusión en torno a conceptos tradicionales como la idea de la autoría, el concepto de producto terminado, la capacidad evolutiva de la arquitectura, etc. La arquitectura interactiva no ocupará un lugar central en la presente tesis, pero sí que haremos ciertas alusiones a las posibilidades asociadas a esta estrategia de diseño.



Figura 3.17: Fotografía del proyecto HypoSurface, desarrollado por Mark Goulthorpe/dECOi.
Fuente: www.decanteddesign.com

Por último cabe indicar que dentro del diseño paramétrico podrán desarrollarse estrategias con grados de experimentalidad muy diferentes. En el caso de que el diseñador plantee un esquema con interrelaciones muy simples y evidentes y con parámetros definidos cuantitativamente por él mismo, el diseño paramétrico estará muy próximo a lo que anteriormente hemos definido como estrategias representacionales. Si por el contrario, las relaciones se complejizan y los parámetros se definen a partir de grandes cantidades de datos gestionados por el computador, el diseñador dejará de tener el control completo sobre el resultado final, dando inicio a un proceso de exploración abierto a ciertas dosis de contingencia y sorpresa. Será en éste último caso donde se manifieste más claramente la naturaleza computacional y algorítmica latente en el seno del diseño paramétrico.

Los programas más relevantes en el ámbito del diseño paramétrico serán, entre otros, Grasshopper (plug-in para Rhinoceros) y Generative Components.

3.3 MÉTODOS GENERATIVOS

3.3.1 Definición y fundamentos

En las estrategias generativas, el diseñador planteará un algoritmo o instrucción informática básica que, al ser ejecutada por el computador de manera recursiva, conducirá a la generación de la forma arquitectónica.

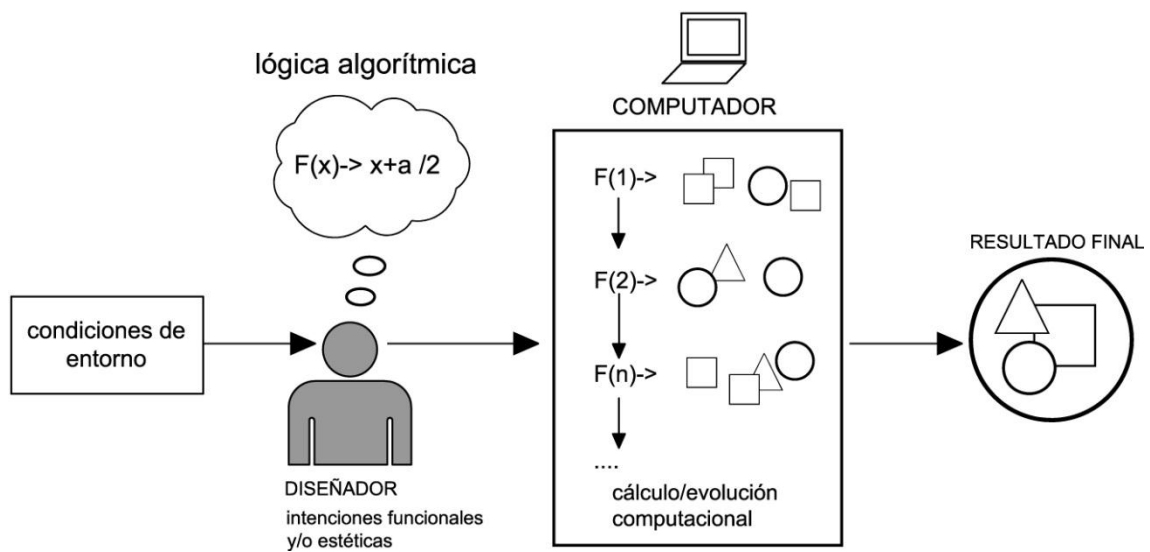


Figura 3.18: Esquema conceptual de las estrategias generativas de diseño digital

Fuente: Jon Arteta

Desarrollar una estrategia generativa equivaldrá a plantear un experimento científico, en el que el investigador definirá tres aspectos básicos: los elementos que toman parte en el experimento, la disposición inicial de dichos elementos, y la ley genérica que determina cómo deben interactuar entre sí dichos elementos (algoritmo). Para conocer el resultado final, el investigador deberá ejecutar el experimento, que consistirá en calcular y simular todas las posibles interacciones entre los elementos base. Aquí es donde el ordenador y su capacidad de cómputo se convierten en herramientas prácticamente imprescindibles.

En las estrategias paramétricas, el diseñador va construyendo de manera consciente y controlada todas y cada una de las relaciones existentes entre los diferentes elementos del proyecto; el arquitecto diseña explícitamente todos los pasos y ramas de este árbol de relaciones. En las estrategias generativas, en cambio, el diseñador solamente controlará las condiciones iniciales, de modo que todas las etapas intermedias necesarias para definir la forma final se desarrollarán de una

manera implícita u oculta, en el interior del computador. El grado de incertidumbre y experimentalidad aumenta, aunque siempre bajo la certeza de que, sea cual sea el resultado obtenido, este siempre será plenamente coherente con las condiciones o leyes establecidas en el inicio.

Lo habitual en las estrategias generativas es que de condiciones o leyes iniciales relativamente simples surjan a resultados formales de gran complejidad, rompiendo (habitualmente) con la linealidad característica de la intuición y la razón humanas. Es en este tipo de estrategias donde más patente se hace la necesidad del computador como medio de diseño, como herramienta capaz de explorar territorios hasta el momento inaccesibles para la mente humana.

Los procesos generativos descritos en los algoritmos podrán ser de procedencia artificial, es decir, ideados por la mente del diseñador y basados en criterios puramente intelectuales (como en el caso del pabellón de Toyo Ito para la Serpentine Gallery, representado en la imagen adjunta), o de procedencia natural, entendidos como traslaciones directas de procesos y fenómenos reales presentes en la naturaleza. En este segundo caso, generalmente el más común, la formulación del algoritmo será consecuencia de la observación, cuantificación y formalización de procesos y fenómenos reales.

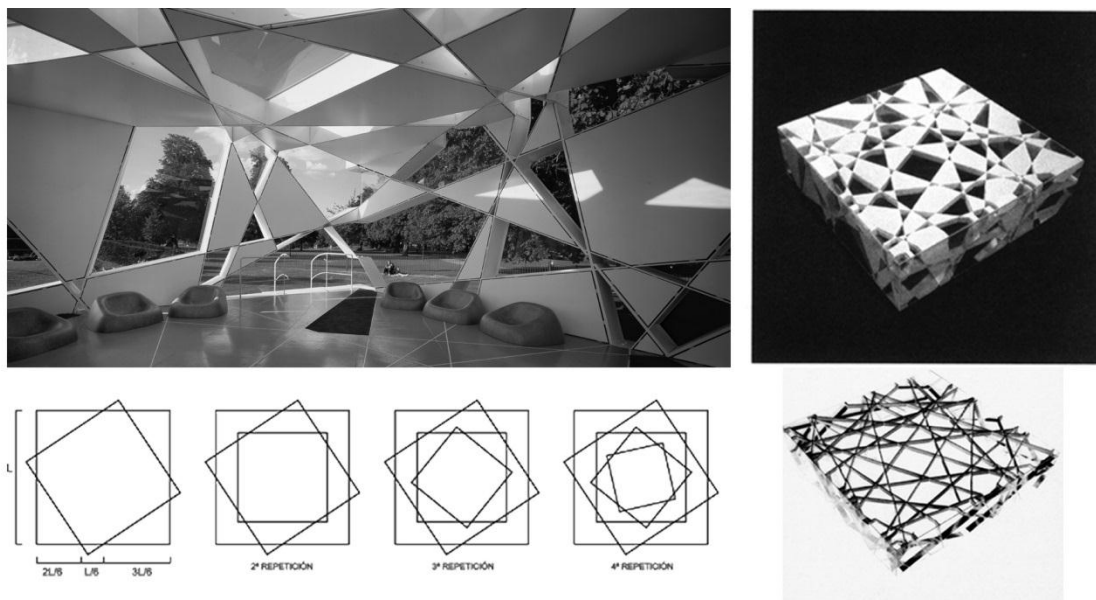


Figura 3.19_Serpentine Gallery Pavilion 2002, diseñado por Toyo Ito.

El algoritmo que da origen a este pabellón está inspirado en criterios puramente geométricos, y se basa en la repetición recursiva de un mismo patrón de trazado, subdivisión e intersección entre líneas. Fuente: composición realizada por el autor a partir imágenes procedentes de diferentes publicaciones

Más allá de su procedencia u origen, los algoritmos generativos podrán distinguirse por su función, pudiendo distinguirse dos grandes tipos de algoritmos:

3.3.2 Algoritmos Generativos orientados a procesos

Los “algoritmos generativos orientados a procesos” serán aquellos cuyo desarrollo no está vinculado a ningún fin u objetivo concreto, sino al mero hecho de reproducir y simular un proceso o fenómeno dado. Este será el caso, por ejemplo, de la mayoría de los denominados “algoritmos de la complejidad”, empleados habitualmente para el estudio y análisis de diferentes “fenómenos complejos” presentes en la vida real. En la tabla adjunta se recogen algunos de ellos, con su respectiva explicación y herramientas de software asociadas.

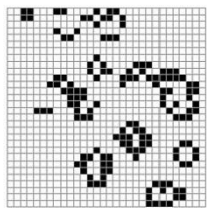

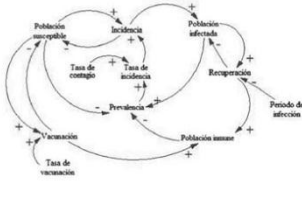
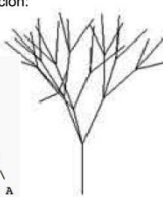
ALGORITMO	FORMALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	SOFTWARE
AUTÓMATAS CELULARES (AC) Y AGENTES VIDA (AV)		Los ACs son colecciones de celdas (generalmente dispuestas en grilla), las cuales actualizan sus estados a lo largo del tiempo en base a los estados que tienen las celdas vecinas en cada momento. Para ello se deberán definir las reglas de transición entre estados. Formalismo creado por J.Von Neumann.	DUEM (CASA) Golly SLEUTH Rabbit
AGENTES VIDA (AV)		Formalismo en el cual las celdas de los autómatas celulares se han enriquecido semánticamente. Sus interacciones se devienen más realistas, incorporando otra serie de vínculos además de la mera distancia espacial. Su comportamiento podrá ser más libre, sin estar necesariamente sometidos a una grilla.	Net Logo 3D Boids Swarm
DINÁMICA DE SISTEMAS (DS)		La DS es una técnica para analizar el comportamiento temporal de entornos complejos que se basa en identificar los bucles de realimentación que existen entre los elementos y los retrasos de información. Esta herramienta, ideada por J. Forrester, es utilizada habitualmente para simular dinámicas sociales.	Sphinks SD Tools Vensim
GRAMÁTICAS DE LA COMPLEJIDAD: SISTEMAS-L	<p>Leyes de transformación: (A-> AB), (B->A)</p> <p>n=0: A</p> <p>n=1: A B</p> <p>n=2: A B A B</p> <p>n=3: A B A B A B A B</p> <p>n=4: A B A B A B A B A B A B A B</p> 	Existen diferentes tipos de gramáticas formales, según la clasificación de N.Chomsky. Una de los más relevantes en arquitectura son los Sistemas-L que consisten en una célula originaria, llamada "semilla" (seed), y una serie de leyes de transformación para generar formas a partir de ella. Es uno de los principales mecanismos para crear formas fractales.	FracLab HarFa Fractalyse

Figura 3.20: Tabla resumen de algunos de los principales “algoritmos complejos”, elaborada en base a la información recogida en Reynoso, 2010

3.3.3 Algoritmos Generativos orientados a fines (optimización)

Los algoritmos orientados a fines son aquellos cuyo desarrollo está condicionado por una meta claramente definida. La finalidad de estos algoritmos suele ser la optimización de procesos, el descubrimiento de la solución más adecuada de entre todas las posibles.

En el ámbito de la arquitectura, este tipo de recursos se utiliza habitualmente para lograr formas optimizadas ante factores tales como el comportamiento estructural, el grado de soleamiento, etc. Cabe indicar que estos procesos de “form-finding” no son exclusivos de la era digital, pues ya estaban presentes mucho antes en los trabajos de maestros como Antoni Gaudí o Frei Otto ¹⁶. La gran diferencia es que actualmente, gracias a los medios digitales, será posible de explorar una cantidad de fenómenos mucho mayor que con los tradicionales modelos y experimentos físicos, pudiendo tratar incluso con entidades abstractas.



Figura 3.21_Florence New Station. Propuesta de concurso 2003.

Proyecto diseñado por Arata Isozaki con la colaboración del ingeniero Mutsuro Sasaki.

La forma de la estructura estará diseñada gracias al método de optimización diseñado por Sasaki y denominado “Extended Evolutionary Structural Optimization method” (Extended ESO method). Dicho método estará basado en el proceso de crecimiento de las raíces del “subtropical Banyan Tree” Fuente: Sakamoto, 2008; 108-115

Desde el punto de vista computacional, los algoritmos de optimización se caracterizarán por disponer de una estructura más sofisticada, ya que no sólo dispondrán de una lógica o ley de generación, sino que además estarán dotados de mecanismos de evaluación y de comunicación en bucle, lo cual permitirá realizar

¹⁶ Antoni Gaudí, con sus maquetas de catenarias invertidas, y Frei Otto, con sus experimentos con telas, burbujas de jabón, etc. serán considerados los padres del “form-finding” actual.

iteraciones y avanzar progresivamente hacia resultados cada vez más próximos a la meta final. El esquema adjunto refleja el funcionamiento general de este tipo de algoritmos.

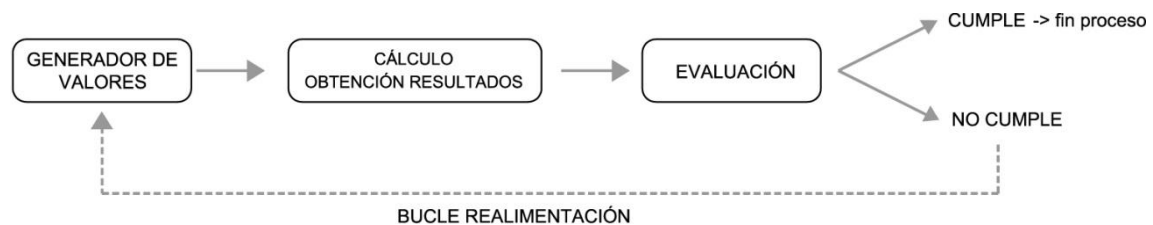


Figura 3.22_Esquema del funcionamiento genérico de un algoritmo de optimización
Fuente: Jon Arteta

Existirán múltiples tipos de algoritmos de optimización (búsqueda selectiva, colonia de hormigas, etc.), cada uno de ellos con sus propias singularidades y ámbitos de aplicación. En el campo de la arquitectura, uno de los algoritmos más citados y empleados en el último tiempo es el denominado “algoritmo genético”. Ideado por John Holland en la década de los 70, este algoritmo estará basado en una analogía con los principios de la genética y la selección natural, empleando procesos de recombinación, mutación y selección como medio para alcanzar resultados óptimos. Su aplicación en el ámbito arquitectónico ha sido reivindicada y ensayada por autores tan diversos y heterogéneos como el arquitecto John Frazer, el ingeniero Mutsuro Sasaki o el filósofo Manuel de Landa, entre otros.

Tal y como indica Terzidis, el empleo de herramientas algorítmicas de optimización en arquitectura no quiere decir que el computador nos vaya a presentar directamente una forma concreta o definitiva; lo más habitual será que los problemas arquitectónicos estén infra-especificados, de modo que los algoritmos se limitarán a ofrecer un campo de posibilidades más limitado, un rango de opciones sobre las que el arquitecto deberá posteriormente aplicar sus propios criterios y preferencias.

Una de las plataformas más interesantes para el desarrollo de estrategias evolutivas de generación formal será el software “Galapagos”, desarrollado como plugin para la plataforma Grasshopper.

3.4_COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

En el presente apartado hemos distinguido diferentes estrategias y herramientas dentro del ámbito del diseño arquitectónico. La idea ha sido aclarar conceptos y posicionamientos básicos desde un punto de vista teórico, aunque será necesario indicar que a la hora de poner en práctica estos métodos para dar respuesta a requerimientos arquitectónicos complejos, lo habitual es que estas estrategias se combinen entre sí, dando lugar a estrategias de carácter mixto o híbrido.

Uno de los reflejos más evidentes de este proceso de hibridación será la implementación de recursos paramétricos en el seno de programas típicamente representacionales. Este será el caso de plataformas BIM tales como Revit o Archicad, en las cuales será posible vincular y establecer relaciones directas entre diferentes elementos; por ejemplo, la posición y dimensiones de los pilares se podrán vincular a la posición de los ejes y a la distancia existente entre forjados, etc. En todo caso, estos comandos paramétricos estarán destinados a la simple mecanización de los procesos de dibujo, al ahorro de trabajo mecánico, sin mayores implicaciones a nivel de proyecto, lo cual implicará que estas herramientas sigan estando vinculadas a una función meramente representativa.

Este tipo de programas, sin embargo, también dispondrán de actualizaciones más ambiciosas a nivel de estrategia proyectual, como por ejemplo la compatibilización y la conexión con programas o herramientas de simulación y cálculo algorítmico, estableciendo un diálogo cada vez más fluido. La idea es conseguir que el diseñador disponga de información sobre el comportamiento o “performance” del edificio a medida que lo idea y dibuja, pudiendo influir así sobre las decisiones tomadas a lo largo del proceso de diseño. Es necesario subrayar, sin embargo, que estas mejoras están todavía lejos de constituir una herramienta realmente operativa y eficaz para desarrollar una arquitectura verdaderamente “performativa”, si bien las sucesivas mejoras apuntan claramente hacia esta dirección.

Por otro lado, y al margen de los cambios en los paquetes comerciales de software, la combinación de diferentes métodos de diseño digital es un proceso cada vez más patente en la metodología proyectual de los arquitectos, especialmente en aquellos ámbitos y prácticas más vinculadas a la investigación. Un ejemplo representativo de este tipo de prácticas podría ser el proyecto “Desert Pavilion” desarrollado por el arquitecto Andres Harris, un proyecto que aglutina diferentes técnicas tanto analógicas como digitales (de distintos tipos) como vía para la obtención de una forma final. Así pues, en el trabajo de Harris se combinarán trabajo con modelos físicos, modelado paramétrico, simulación algorítmica, representación digital, etc.

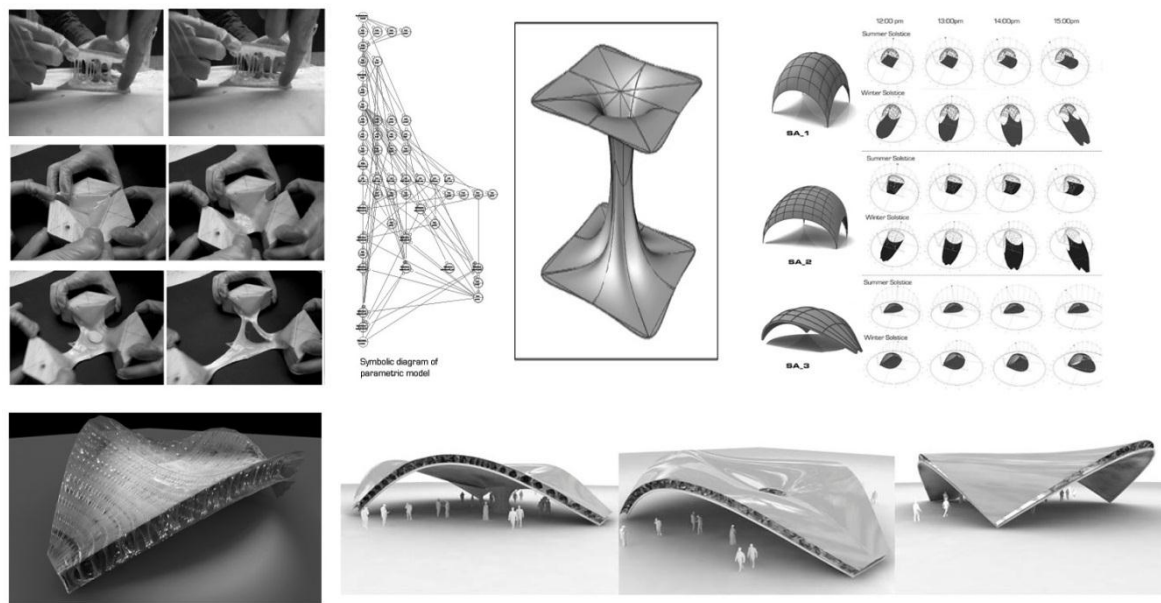


Figura 3.23: Proyecto "Desert pavilion" de Andres Harris
Fuente: www.andres.harris.cl

La arquitecta Rivka Oxman hablará de la posibilidad de explorar las capacidades del ordenador para acompañar al diseñador no sólo en la fase de representación o graficación del proyecto, sino en todas las fases implicadas en el diseño arquitectónico, desde la ideación hasta la toma de decisiones, la evaluación de resultados o el desarrollo de aspectos técnicos. Lo digital ofrece un amplio campo de experimentación, y la combinación de diferentes estrategias de manera libre y creativa parece la vía más adecuada para lograr una arquitectura digital operativa y adaptada a los problemas arquitectónicos y urbanos.

Acabamos de estudiar los principales tipos de estrategias de diseño digital existentes actualmente en el ámbito de la arquitectura, estrategias con diferentes grados de interés y desarrollo a lo largo de las ya más de tres décadas de arquitectura digital.

Si bien es posible distinguir una cierta progresión en el grado de implicación de lo digital en el proceso de diseño, desde la "superficialidad" de las estrategias representacionales a la sofisticación de las estrategias generativas, esto no supondrá necesariamente que estas últimas sean mejores o más adecuadas para el desarrollo de la práctica arquitectónica. Las estrategias algorítmicas efectivamente dejan entrever un campo de investigación aparentemente más amplio (por inexplorado), aunque ello no quiere decir que sea el único camino a seguir para la investigación arquitectónica.

Cada estrategia tendrá su ámbito de interés y operatividad dentro del gran abanico de las teorías e interpretaciones arquitectónicas. Así pues, en el presente

trabajo, la taxonomía de las diferentes estrategias de diseño digital constituirá simplemente una herramienta de análisis, un factor más para el estudio de diferentes estrategias arquitectónicas generales, estrategias que, combinando arquitectura, ciencia y tecnología aspirarán a dar forma y configurar el paradigma de la arquitectura compleja.

PARTE II

VIAS DE INVESTIGACIÓN EN LA ARQUITECTURA COMPLEJA

INTRODUCCIÓN PARTE II:

VÍAS DE INVESTIGACIÓN EN LA ARQUITECTURA COMPLEJA

En la segunda parte de la tesis se estudiarán las principales formulaciones y discursos surgidos a partir de la combinación de los ingredientes o “posicionamientos básicos” estudiados en la primera parte. Tal y como se indicaba en la introducción de la tesis, hacia mediados de la década de 1990 comenzará una nueva etapa en el desarrollo de la arquitectura compleja, una etapa marcada por el surgimiento de discursos más globales, coherentes y maduros que abordan explícitamente la relación entre arquitectura, paradigma de la complejidad y herramientas digitales, convirtiéndola en el eje central de nuevas propuestas y programas de investigación conjuntos.

Para organizar los diferentes casos de estudio tomaremos como base las cuatro grandes vertientes arquitectónicas vistas en la primera parte de la tesis, estableciendo así una cierta continuidad con las ideas vistas previamente. El objetivo será construir un discurso evolutivo e integrador que demuestre cómo la arquitectura incorpora e interpreta los conceptos y herramientas procedentes de la complejidad y del mundo digital. Así pues, seguiremos manteniendo cuatro grandes categorías, las cuales permitirán describir propuestas guiadas por intereses de carácter fenomenológico, semántico, social y tectónico- ambiental.

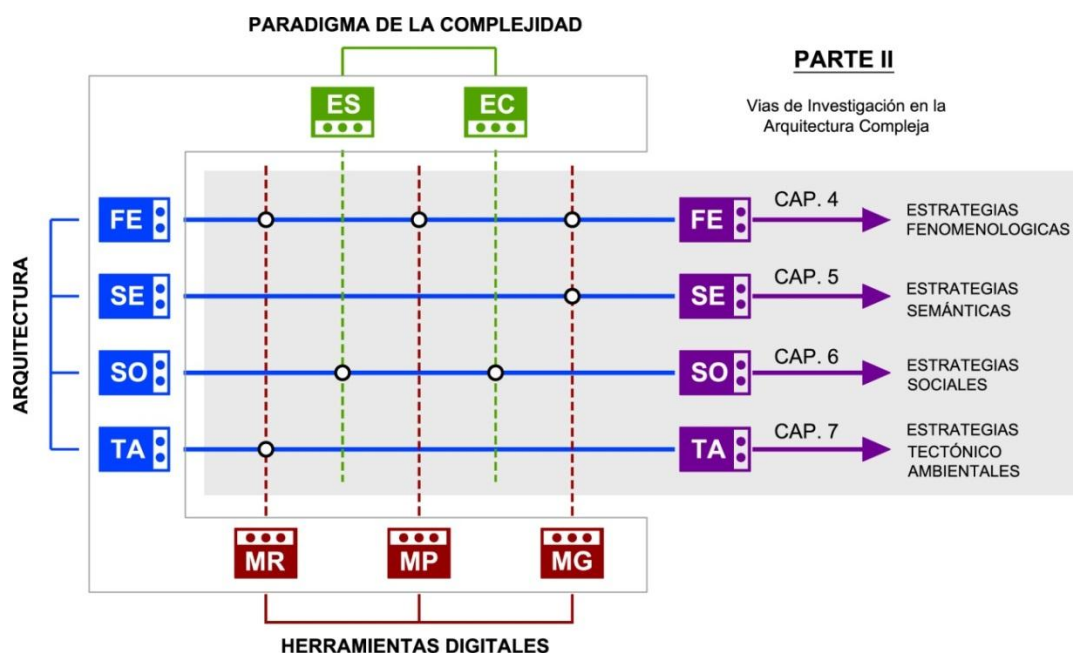


Figura 4.1: Esquema de estudio para la segunda parte de la tesis.

Fuente: Jon Arteta

Cada una de estas categorías representará un mundo de posibilidades en sí mismo, un pequeño universo abierto al surgimiento de múltiples asociaciones y discursos alternativos. Evidentemente cada categoría partirá de una intención arquitectónica común, lo cual proporciona coherencia interna a cada capítulo, aunque cada una de estas intenciones podrá ser interpretada y volcada en propuestas arquitectónicas diversas. El objetivo consistirá pues en describir, dentro de todas las opciones posibles, aquellos discursos y vías de trabajo que muestren una mayor relevancia en el contexto arquitectónico contemporáneo, analizando las obras de autores representativos. La idea es realizar un mapeo global y al mismo sintético que permita entender fácilmente las diferentes vertientes de la arquitectura compleja así como su actual estado de desarrollo.

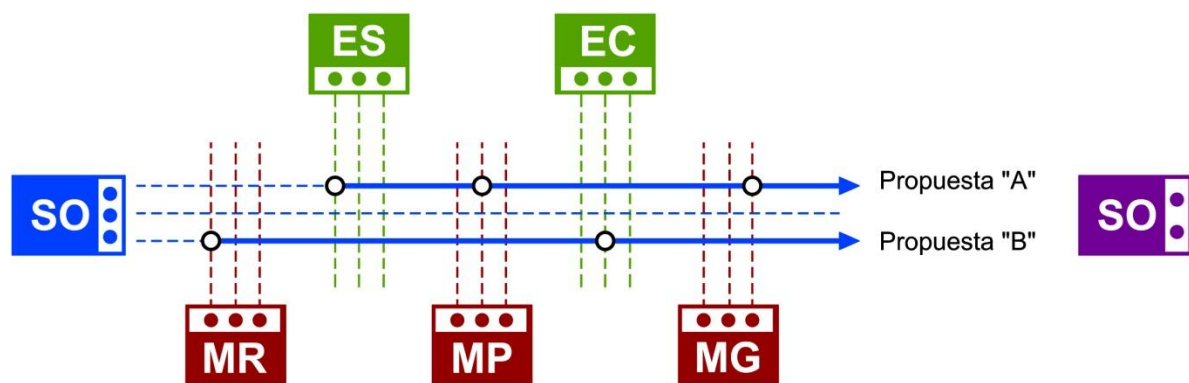


Figura 4.2. Al hacer zoom sobre el esquema general de la tesis comprobamos que cada una de las vertientes de trabajo es en realidad un universo de posibilidades. Solamente algunas de ellas darán lugar a discursos consolidados en el ámbito de la Arquitectura Compleja.

Fuente: Jon Arteta

Cada capítulo comenzará presentando a los autores más destacados dentro de cada vertiente, y explicando algunas de las características y fundamentos comunes a todos ellos. De este modo se describirá el posicionamiento general de estos autores con respecto al diseño arquitectónico y urbano, su postura frente al paradigma de la complejidad, así como su manera de entender y utilizar las herramientas digitales. Posteriormente se pasará a estudiar vías de trabajo más concretas, propuestas específicas vinculadas a autores y grupos de investigación clave dentro de cada vertiente. Así, en el caso de las estrategias fenomenológicas se estudiarán las propuestas de Christopher Alexander y Nikos Salingaros, ambos colaboradores y seguidores de una misma línea de pensamiento. En la categoría semántica, por el contrario, se analizarán dos propuestas aparentemente enfrentadas, representadas por los trabajos de Charles Jencks y Patrik Schumacher. Las estrategias sociales también se centrarán en varios autores, Bill Hillier y Michael Batty, representando a dos de los equipos de investigación más importantes en el ámbito del estudio y la simulación urbana: el “Space Syntax Laboratory” y el “Center for Advanced Spatial Analysis”. La última categoría, dedicada a las estrategias tectónico-ambientales, será

la categoría más heterogénea y diversa, con propuestas procedentes de distintos protagonistas y equipos de investigación, pudiendo destacar entre ellos al grupo EMTECH (Emergent Technologies Group, Architectural Association), Kokkugia, el ingeniero M. Sasaki y su equipo, etc.

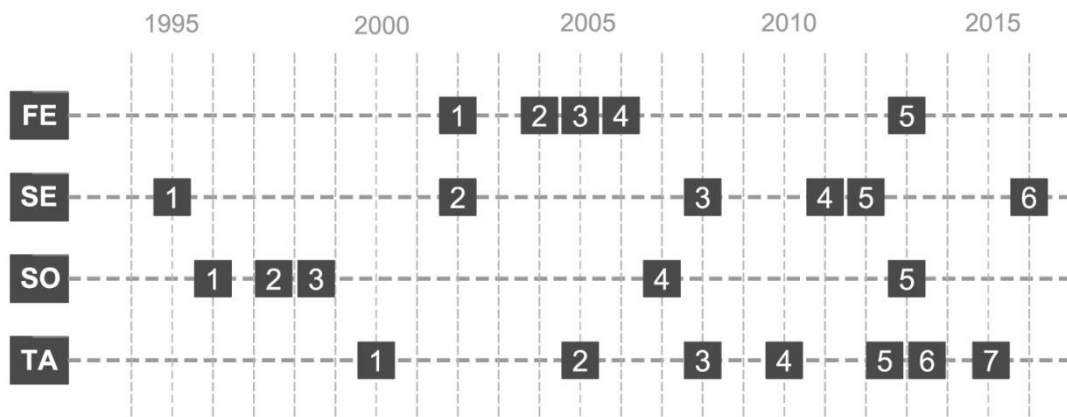
La mayoría de estos protagonistas serán autores de importantes textos en los cuales explican y sintetizan los fundamentos de sus respectivas propuestas (podríamos hablar casi de manifiestos o tratados), en lo que sería un intento por establecer el rumbo de la investigación en el ámbito arquitectónico y urbano. Tal y como se indicaba anteriormente, la publicación de estas obras se producirá a partir de mediados de los 90 y se prolonga hasta nuestros días. A continuación se adjunta un esquema cronológico con las principales obras estudiadas en esta segunda parte:

ESTRATEGIAS FENOMENOLÓGICAS

FE_1-> 2002_ "The Nature of Order", Books1-2_C. Alexander
 FE_2-> 2004_ "The Nature of Order", Book 4_C. Alexander
 FE_3-> 2005_ "The Nature of Order", Book 3_C. Alexander
 FE_4-> 2006_ "A Theory of Architecture"_N.Salingaros
 FE_5-> 2013_ "Unified Architectural Theory"_N.Salingaros

ESTRATEGIAS SEMÁNTICAS

SE_1-> 1995_ "The Architecture of the Jumping Universe"_C.Jencks
 SE_2-> 2002_ "The New Paradigm in Architecture"_C.Jencks
 SE_3-> 2008_ "Manifiesto parametricista"_P.Schumacher
 SE_4-> 2011_ "The Autopoiesis of Architecture", Book 1_P.Schumacher
 SE_5-> 2012_ "The Autopoiesis of Architecture", Book 2_P.Schumacher
 SE_6-> 2016_ "Parametricism 2.0"_P.Schumacher, VV.AA.



ESTRATEGIAS SOCIALES

SO_1-> 1996_ "Space is the Machine"_B. Hillier
 SO_2-> 1998_ CASA Working Papers_CASA
 SO_3-> 1998_ Depthmap software_Varoudis
 SO_2-> 2007_ "Cities and Complexity"_M.Batty
 SO_3-> 2013_ "The New Science of Cities"_M.Batty

ESTRATEGIAS TECTÓNICO-AMBIENTALES

TA_1-> 2000_ "Genetic Architectures Manifesto"_A.Estévez
 TA_2-> 2005_ "Flux Structures"_M.Sasaki
 TA_3-> 2008_ "Designing Morpho-Ecologies"_M.Hensel, A.Menges
 TA_4-> 2010_ Emergent Technologies and Design_EmTech AA
 TA_5-> 2013_ Composite Swarm_Kokkugia
 TA_6-> 2013_ "Performance -Oriented Architecture"_M.Hensel
 TA_7-> 2015_ "Biodigital Architecture & Genetics"_A.Estévez

Figura 4.3. Esquema cronológico con las obras y publicaciones más relevantes de la "Arquitectura Compleja". Fuente: Jon Arteta

CAPITULO 4_ ESTRATEGIAS FENOMENOLÓGICAS

4.1_PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO GENERAL

4.1.1 Introducción a las Estrategias Fenomenológicas. Fundamentos y autores de referencia

En el presente apartado analizaremos diferentes vías de investigación vinculadas a la dimensión fenomenológica de la arquitectura. El objetivo principal de estas investigaciones consistirá en lograr un mayor conocimiento de la relación existente entre las formas/configuraciones arquitectónicas y sus efectos sobre la percepción y la experiencia humana, planteando nuevas teorías y métodos para crear diseños más armónicos, coherentes y adaptados a las necesidades perceptivas de los usuarios.

Para abordar este tema nos centraremos principalmente en el trabajo desarrollado por el arquitecto austríaco Christopher Alexander y el físico Nikos Salingaros, ambos pertenecientes a una misma línea de pensamiento. Tanto Alexander como Salingaros destacarán por abordar el tema de la fenomenología arquitectónica desde un enfoque de carácter científico, incorporando para ello conceptos y herramientas procedentes de las teorías de sistemas y las ciencias de la complejidad. En este sentido, Alexander y Salingaros abren una vía de trabajo poco común en el ámbito arquitectónico, al priorizar el rigor analítico y científico en detrimento de los discursos tradicionales basados en fenomenologías de carácter retórico y personalista. Este enfoque será el reflejo de una importante formación científica por parte de ambos autores, la cual se verá plasmada en sus diferentes obras e investigaciones. Cabe señalar que estos autores son responsables de una vasta obra teórica, pudiendo destacar libros clave como *“A Pattern Language”* y *“The Nature of Order”*, en el caso de Alexander, y *“A Theory of Architecture”* o *“Unified Architectural Theory”*, en el caso de Salingaros. A lo largo del presente capítulo estudiaremos con mayor profundidad algunas de estas obras así como sus principales ideas y planteamientos.

La vía de investigación aquí descrita contará asimismo con aportes de otros autores, como por ejemplo Michael Mehaffy, Andres Duany, Elizabeth Plater-Zyberk, Brian Hanson, etc. Todos ellos, al igual que Salingaros, estarán fuertemente inspirados por el trabajo pionero de Christopher Alexander, siendo los encargados de reforzar, complementar y difundir estas ideas a través de diferentes proyectos y publicaciones. Muchos de ellos se aglutinarán entorno al Center for Environmental Structure (CES), un centro fundado por Christopher Alexander en el año 1967 y que dará sustento a muchas de sus investigaciones. Asimismo, también podrán destacarse

otras plataformas como la página web www.patternlanguage.com (vinculada al CES) y la revista Katarxis, entre otras.

También es posible detectar ciertos contactos y afinidades entre estos autores y el movimiento denominado “Nuevo Urbanismo”¹, aunque es necesario señalar que Alexander no se considera parte de este colectivo ya que discrepa con algunos de sus postulados básicos, especialmente en lo referente a la adopción y repetición de formas clásicas.

4.1.2 Principios Generales:

Una investigación guiada por valores científicos

Los autores anteriormente citados reivindicarán la necesidad de dotar a la disciplina de verdaderas teorías arquitectónicas, teorías que expresen principios universales y objetivos de la arquitectura, y no simplemente tendencias o estilos transitorios. Según estos autores, la arquitectura necesita menos discursos y más teorías de carácter científico basadas en la observación de la realidad y en la verificación experimental de las hipótesis. Uno de los principales aportes de autores como Alexander y Salingeros consistirá en aplicar este enfoque científico al estudio de la dimensión fenomenológica de la arquitectura. Según el propio Alexander, *“my view is that aesthetics is a mode of perceiving coherent structure, a mode no less profound than other simpler forms of scientific observation and experimentation (...). The relative coherence of complex entities—the relative beauty of one column in a building, versus another, uglier column—is susceptible to precise observation, and can be made a part of science by new kinds of experiment, using the human observer as a measuring instrument”*. (Alexander, 2003; 8-9). A lo largo del presente capítulo se analizarán con más detalle las implicaciones de este enfoque, así como su aporte a la hora de crear nuevas estrategias y métodos para el diseño arquitectónico y urbano.

Otro aspecto clave de este enfoque es la defensa de una arquitectura guiada por valores, representados en este caso por la búsqueda de la armonía y la coherencia perceptiva del entorno construido. Para estos autores, una arquitectura verdaderamente humanista y comprometida con la mejora del entorno habitado debe proporcionar espacios y estructuras que generen sensaciones positivas en el usuario, arquitecturas que promuevan la armonía y el bienestar perceptivo. Esto implicará el

¹ El denominado “Nuevo urbanismo” (“New Urbanism”) es un movimiento que busca crear diseños urbanos más humanizados, diversos, compactos e integrados tomando como referencia las formas y configuraciones de las ciudades tradicionales/clásicas. Es un movimiento con especial relevancia en EEUU (aunque también se aplica en otras partes del mundo), siendo uno de sus principales objetivos el de terminar con el “sprawl” típico de los suburbios norteamericanos. Andrés Duany y Elizabeth Plater-Zyberk son considerados como los padres de esta vía de trabajo, que en la actualidad cuenta con numerosos seguidores.

rechazo de la actitud postmoderna actual tendente a la exaltación de la subjetividad y del “todo vale”: *“possibly the most dangerous weakness in the architectural profession today is the failure of the profession to have a legitimate, shared, canon of value, one which resides in the deep feelings of ordinary people, and which resonates with their experience”*. (Alexander, 2004b). Según Alexander, bajo la capa subjetiva subyacen principios y mecanismos (naturales, biológicos, mentales) comunes a todos los seres humanos, los cuales condicionan y dirigen nuestras respuestas perceptivas y sensoriales. La investigación en el campo de la arquitectura deberá estar dirigida pues a la comprensión científica de estos mecanismos y a la creación de principios y métodos de diseño acordes que permitan generar efectos positivos en los usuarios.

Cognición, Naturaleza y Arquitectura

Para lograr los objetivos anteriormente citados, Alexander, Salingaros y sus seguidores emprenderán un trabajo de investigación que relaciona entre sí tres grandes campos de estudio: el campo de la cognición (estudio del comportamiento de la mente humana), el de las ciencias naturales (estudio de estructuras biológicas y procesos morfogénicos) y el campo arquitectónico (análisis de las características geométrico-espaciales de los edificios). Según Alexander, las configuraciones y patrones formales que generan sensaciones positivas en nuestra percepción son las mismas que podemos encontrar en la mayoría de formas y procesos naturales, así como en las grandes arquitecturas del pasado. Esto revela pues la estrecha interconexión entre estos tres ámbitos y la importancia de estudiarlos de manera conjunta.

Esta triple aproximación permitirá avanzar en la comprensión de la dimensión perceptiva y fenomenológica de la arquitectura, desarrollando asimismo una nueva cosmología en la que cognición, naturaleza y arquitectura pasan a formar parte de un mismo sistema dotado de leyes y lógicas comunes.

4.1.3_Posicionamiento Histórico: Revisión de la historia en base al concepto de “Complejidad Organizada”. Crítica al Movimiento Moderno y la Desconstrucción.

Uno de los postulados básicos de esta vía de trabajo es la idea de que la mente está programada para responder positivamente ante determinados tipos de configuraciones y geometrías, configuraciones que se encuentran ampliamente presentes en la naturaleza y responden al concepto de complejidad organizada. Según Alexander y Salingaros, una arquitectura armónica y equilibrada deberá disponer, al igual que la naturaleza, de una importante variedad de formas y elementos, aunque siempre sometidos a un determinado orden u organización que permita establecer vínculos y relaciones entre los mismos.

La defensa de esta idea llevará a desarrollar una importante crítica hacia las arquitecturas desarrolladas bajo los dictados del Movimiento Moderno y el Movimiento Deconstructivista, al considerar que promueven formas y configuraciones geométricas opuestas a los patrones que guían los procesos naturales y perceptivos. Ninguno de estos movimientos estaría cumpliendo con la idea de complejidad organizada: el Movimiento Moderno, con la difusión de geometrías puras, estandarizadas y tendentes al minimalismo, representará una actitud excesivamente simplificadora, carente del nivel suficiente de variedad y complejidad, mientras que el deconstructivismo pecará de todo lo contrario, contemplando formas excesivamente caóticas y fraccionadas que en última instancia conducirán a una complejidad desorganizada. El hecho de no cumplir con los requerimientos de la complejidad organizada implicará una cierta incapacidad para conectar positivamente con nuestro sistema perceptivo, generando respuestas negativas que los autores identifican con la ansiedad y otro tipo de patologías.

En el lado opuesto se encontrarían gran parte de las arquitecturas vernáculas y clásicas, que por su configuración formal y compositiva tenderán a ser más próximas a los principios defendidos por Alexander y Salingaros. Ambos subrayan la necesidad de reconsiderar y de poner en valor nuevamente algunas de las características geométrico-espaciales presentes en estas arquitecturas, sin que ello suponga necesariamente la vuelta a estilos historicistas o vernáculos. Tal y como indica A. M. Townsend en su libro "Smart Cities", *"Alexander didn't want to replicate only the appearance of those ancient cities, but rather their DNA"*. (Townsend, 2014; 143). La idea es descubrir los principios abstractos que subyacen tras las arquitecturas antiguas y utilizarlos para crear soluciones innovadoras adaptadas a las necesidades de la sociedad contemporánea.

4.2_POSICIONAMIENTO FRENTE AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD:

4.2.1 Las Estrategias fenomenológicas y su aproximación al paradigma de la complejidad

Las propuestas de Alexander, Salingaros y sus colaboradores representan un caso singular en el contexto arquitectónico contemporáneo, al proponer reglas y criterios específicos para mejorar las propiedades perceptivas y fenomenológicas de los entornos arquitectónicos y urbanos. Sin embargo, si miramos al pasado podremos encontrar numerosas aproximaciones de este tipo, como puede ser la incorporación de la proporción áurea, la exploración de las series de Fibonacci aplicadas al diseño, etc. En cualquier caso, será importante señalar que las teorías y principios propuestos por autores como Alexander y Salingaros irán mucho más allá de los enfoques clásicos, gracias en gran parte a la incorporación del conocimiento científico contemporáneo, y en especial el de las ciencias de la complejidad. Tal y como indica el propio Salingaros, *“most architects know of the historical application of ancient mathematics such as proportional ratios – but it is not his type of mathematics that actually governs general architectural form. Rather, it is the more recently developed mathematics of fractals, information theory, and complexity”* (Salingaros, 2006; 21). Gracias a estos nuevos recursos matemáticos y conceptuales será posible desarrollar planteamientos mucho más amplios y diversos, sustituyendo la aplicación de normas y proporciones rígidas por un enfoque más flexible y abierto a la creatividad y la innovación.

La reflexión sobre los principios de la complejidad y su posible traslación al campo del diseño arquitectónico y urbano constituye un aspecto central en el trabajo de los autores vinculados a esta vertiente, pudiendo distinguir diferentes tipos de aproximaciones. Las reflexiones más profundas tanto a nivel científico como filosófico correrán a cargo de Christopher Alexander, el cual llegará a plantear una visión propia y alternativa sobre las leyes de la complejidad y su impacto sobre la percepción y la experiencia humana. Salingaros también desarrollará un trabajo notable en este ámbito, aunque a diferencia de Alexander, éste no aspira a crear una nueva teoría que transforme la ciencia, sino que aborda el estudio de la naturaleza y la arquitectura utilizando leyes y teorías ya existentes, a través de aproximaciones relativamente libres y diversas pero finalmente coherentes en su conjunto. De hecho, Salingaros no recurrirá solamente a leyes propias de las ciencias de la complejidad -como la teoría de fractales de Mandelbrot o la TGS de Bertalanffy, entre muchas otras-, sino que las complementa con teorías procedentes de otras ramas de la ciencia tales como las teorías computacionales de Herbert Simon, la teoría de los Memes de R.Dawkins, los principios de la termodinámica, las teorías e ideas sobre cognición de autores como E.C.Zeeman, Fischler & Fischein, etc. Por último será necesario citar también las aproximaciones de otros autores como M. Mehaffy o A.Duany, con una visión mucho más práctica enfocada en la aplicación de estas leyes científicas para el desarrollo de códigos y normas de planificación urbana.

A continuación profundizaremos un poco más sobre la visión de Alexander entorno al paradigma de la complejidad:

4.2.2 El nuevo paradigma de Alexander: una teoría alternativa sobre los principios de la complejidad

Alexander puede ser considerado como un pionero en la utilización de nuevas herramientas conceptuales y matemáticas para estudiar el tema de la complejidad urbana, antes incluso de que florecieran las propias teorías de la complejidad tal y como se conocen en la actualidad. Por ejemplo, en un período tan temprano como 1965, Alexander utilizará grafos para describir y explicar las relaciones existentes entre las diferentes partes de la ciudad, dando lugar a una aproximación totalmente novedosa para la época, la cual quedará plasmada en el artículo titulado “*A city is not a tree*” (Alexander, 1965).

Podemos decir que Alexander desarrolla sus teorías e investigaciones de manera paralela al desarrollo de las ciencias de la complejidad, llegando en muchos casos a conceptos e ideas similares. De hecho, el arquitecto austriaco seguirá en todo momento los avances producidos en el campo de las ciencias de la complejidad, los cuales utilizará para completar y contrastar sus propios descubrimientos e ideas. Sin embargo, también será necesario señalar la existencia de importantes discrepancias que llevarán a Alexander a desarrollar una teoría propia, una visión particular a través de la cual explicará los mecanismos complejos que rigen tanto el ámbito natural como los entornos arquitectónicos y urbanos.

Para Alexander, una de las grandes carencias de las teorías existentes actualmente en el ámbito de las ciencias de la complejidad es la incapacidad para explicar por qué la naturaleza llega siempre a formas recurrentes, a patrones de crecimiento similares a pesar de desarrollarse bajo contextos diferentes. Según Alexander, las actuales teorías de la emergencia y las simulaciones con agentes son capaces de imitar algunos procesos morfogénéticos, pero por sí solos no son capaces de llegar, en la mayoría de los casos, a resultados coherentes con las formas presentes en la naturaleza. Para hacer esto posible, según Alexander, sería necesario incorporar leyes adicionales, leyes que guíen el proceso emergente hacia resultados finales coherentes: debe existir una mayor reciprocidad entre el todo y las partes, entre los procesos locales y el resultado final. En palabras del propio Alexander: “*the current enthusiasm for “emergence” as evidenced in bottom-up boid-like computer games and simulations does little to unravel the real and more subtle problems of the whole and its organization, which hinge (almost always) on the way that small parts work to help the coherence of a larger whole, and the ways that the larger whole then also shapes and modifies the action of the smaller parts*”. (Alexander, 2005; 48).

De entre todas las posibilidades existentes a la hora de generar formas, la naturaleza utiliza solamente un pequeño espectro, lo cual implicaría, según Alexander,

la existencia de leyes de rango superior que determinan el modo en el que las estructuras crecen en el espacio. Alexander habla así de leyes propias del espacio, de leyes geométricas que influyen sobre las interacciones locales, sobre cada paso del proceso morfogénético, posibilitando el surgimiento de formas diversas pero siempre coherentes con “el todo”, con la propia naturaleza del espacio. En la obra “The Nature of Order”, Alexander tratará de descifrar algunas de estas leyes (a las que denominará las “15 propiedades de la coherencia”) y demostrará cómo su presencia en diferentes estructuras naturales y artificiales origina sensaciones positivas para la percepción humana. De este modo, Alexander relacionará las propiedades de la morfogénesis natural (15 propiedades de la coherencia) con la creación de estructuras armónicas y bellas, dando lugar a una teoría innovadora a nivel científico pero también muy sugerente a nivel filosófico, estético, y por supuesto arquitectónico.

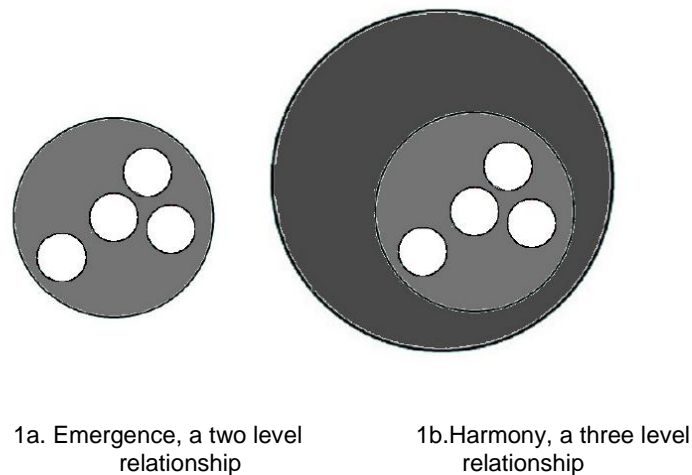


Figura 4.4_La diferencia entre los procesos emergentes tal y como se entienden en las actuales ciencias de la complejidad (1a) y el planteamiento de Alexander, que revela un mayor compromiso de las partes con el todo (1b). “*The phenomenon of bottom-up emergence is a two-fold relationship between a set of elements and the group they form. The harmony phenomenon is a three-fold relationship between a set of elements, the group they form, and the helpfulness of the emerging group, through adaptation, to an even larger portion of the world beyond the group*”. (Alexander, 2005; 42)

La propuesta de Alexander se apoyará en un gran número de citas y referencias a investigadores pertenecientes a distintas áreas de la ciencia, destacando a autores relacionados con las ciencias de la complejidad como I. Prigogine, R.Thom, B.Mandelbrot, etc. pero también a muchos otros autores procedentes de campos tan diversos como las ciencias cognitivas (J. Bruner, G.Miller, S. Pinker...), la psicología de la gestalt (Wertheimer, Koehler , Koffka...), la biología (B. Goodwin, S. Kaufman), las matemáticas (S.Wolfram , I.Stewart), la física (D. Bohm), la computación

(P.Prusinkiewicz, C. Reynolds), etc. todos ellos en general muy vinculados a la exploración de los fenómenos complejos desde cada una de sus disciplinas. Dentro de este amplio abanico de protagonistas, sin embargo, será posible destacar a ciertos autores que despiertan un interés especial en Alexander, precisamente porque proponen hipótesis y teorías innovadoras y poco convencionales que concuerdan en gran parte con las ideas del arquitecto. Este será el caso, entre otros, del biólogo Brian Goodwin, asociado al Instituto de Santa Fe y promotor de la denominada “ciencia de las cualidades” (que avalaría en cierto modo la aproximación cualitativa de Alexander a la complejidad, a través de las 15 propiedades de la coherencia), o el del también biólogo Stuart Kaufman, que a través de sus estudios sobre los procesos autocatalíticos demostrará que la naturaleza tiende a seguir caminos específicos en la generación de su formas.

4.2.3 “La relevancia científica de la arquitectura”

Para finalizar haremos alusión a la reivindicación de Alexander sobre la importancia de la arquitectura en el desarrollo de las ciencias de la complejidad, una reivindicación que quedará plasmada en el artículo titulado “*New Concepts in Complexity Theory arising form studies in the field of architecture*” (Alexander, 2003). Para Alexander la arquitectura no es simplemente una disciplina pasiva que se limite recibir e importar conceptos procedentes de la ciencia, sino una actividad proactiva destinada a generar nuevas preguntas y conocimiento para la ciencia. En palabras del propio arquitecto: “*architecture presents a new kind of insight into complexity because it is one of the human endeavors where we most explicitly deal with complexity and have to create it (...) That is why we must start paying attention to architecture, as a major source of insight in complexity theory*” (Alexander, 2003; 3-4)

Tal y como revela el propio Alexander, el hecho de observar los fenómenos naturales y urbanos desde la mirada del arquitecto/diseñador le ha permitido ver cosas que los científicos no ven, plantearse problemas desde ópticas diferentes a las adoptadas tradicionalmente por la ciencia. Tal y como veremos a lo largo de la tesis, esta idea podrá extrapolarse a otras aproximaciones analizadas en el presente trabajo de investigación, como en el caso de Bill Hillier y Michael Batty, entre otros.

4.3_POSICIONAMIENTO FRENTE A LAS HERRAMIENTAS DIGITALES

4.3.1 La computación como herramienta para la reflexión teórica

En primer lugar será necesario indicar que el trabajo de Alexander, padre de esta vía de investigación, nace originalmente en un contexto pre-digital, es decir, en un momento en el que la computación era todavía un campo teórico más que una realidad práctica, al no disponer del grado de desarrollo tecnológico existente en la actualidad. Esto no quiere decir, sin embargo, que su trabajo se haya desarrollado al margen de este ámbito, más bien todo lo contrario; tanto Alexander como Salingaros son estudiosos del campo de la computación y lo han utilizado constantemente como herramienta para la reflexión y para la exploración de nuevos conceptos y métodos en el campo del diseño arquitectónico. En el caso de Alexander, esto se reflejará en su propia tesis doctoral (publicada posteriormente bajo el título “*Notes on the synthesis of form*”, Alexander, 1964), en la cual aborda los problemas del diseño arquitectónico desde una lógica computacional, y sobre todo en la obra “*A Pattern Language*”, cuyo planteamiento servirá para inspirar todo un nuevo lenguaje de programación conocido posteriormente como el “lenguaje orientado a objetos”². De igual modo, Salingaros se servirá también de los principios procedentes de la computación para plantear analogías y desarrollar nuevos conceptos en el campo de la arquitectura.

4.3.2 Potencialidades y carencias de la computación actual según Alexander y Salingaros

En lo que respecta al desarrollo práctico de los diseños, sin embargo, Alexander y Salingaros se mostrarán más partidarios de utilizar técnicas de carácter tradicional. Esto se deberá en gran parte al mencionado origen pre-digital, así como a razones de peso mayor, ya que Alexander afirma que todavía no existen unas matemáticas apropiadas que permitan cuantificar los conceptos descritos a nivel teórico, y recombinarlos a nivel computacional. En el anexo del libro “*The Nature of Order*” (libro 1) Alexander realizará algunos ensayos y conjeturas sobre los nuevos modelos matemáticos necesarios, aunque todavía estará lejos de alcanzar formulaciones satisfactorias.

Pese a estas dificultades, ambos autores se mostrarán optimistas con respecto a las posibilidades ofrecidas por las nuevas herramientas digitales, llegando a

² Las ideas planteadas por Alexander en su obra “*A Pattern Language*” (1977) servirán para inspirar a los programadores Ward Cunningham y Kent Beck a la hora de crear el denominado “Lenguaje Orientado a Objetos”, un nuevo lenguaje de programación surgido a finales de 1980 y que alcanzará mayor popularidad en la década siguiente gracias a obras como el libro “*Design Patterns*”, escrito en el año 1995 por Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson y John Vlissides.

especular sobre la posibilidad de un proceso de diseño dirigido por estas tecnologías: *“one could imagine a computational system that examines possible moves forward from a given state of a system, tests them, and evaluates the extent to which each of these moves participates in and adds to the larger wholes in the world around it, then chooses the most harmony creating and the most successfully whole-creating. Such a process of computing, if it can be attained, would be enormously powerful, and powerful in its implications.* (Alexander, 2005; 13)

Así, ambos autores imaginan la posibilidad de desarrollar herramientas digitales algorítmicas que guíen los diseños hacia mayores grados de “armonía”, herramientas que no sean neutras como el CAD, sino que ayuden al diseñador activamente en la consecución de sus objetivos. En todo caso, y ante la actual ausencia de tales recursos, estos autores se mostrarán cautelosos con respecto a la promoción de las herramientas digitales, ya que en la mayoría de los casos se utilizan para realizar experimentos formales alejados de sus postulados teóricos. Tal y como indica Salingaros, *“without a design framework that is grounded in science, and a deep understanding of the design process, the same tools can be too easily used in an abstract, artistic manner to create monsters”.* (Salingaros, entrevista).

Dentro de los recursos digitales disponibles en la actualidad, una de las herramientas valoradas son los programas de renderizado y generación de infografías, al entenderlos como una ayuda de cara a simular y controlar los efectos perceptivos y sensoriales que experimentaría el usuario al recorrer el proyecto. En todo caso, autores como Alexander se seguirán mostrando más partidarios de realizar este tipo de evaluaciones “in situ”, explorando directamente el espacio físico de la obra en construcción.

Un campo donde sí que se aprovechan notablemente las capacidades de la tecnología digital es en el campo de la información y la difusión de ideas, tal y como lo describe Salingaros en su artículo *“P2P Urbanism”* (“Peer to Peer Urbanism”) (Salingaros, 2010). Las plataformas digitales de Internet se conciben como un soporte fundamental para poder compartir conocimiento y difundir ideas próximas a sus postulados, de la misma manera que lo hacen Alexander y su equipo de trabajo a través de la página www.patternlanguage.com.

En definitiva, nos encontramos ante una vía de trabajo que promueve y reclama una mayor labor de investigación en el campo de las herramientas digitales, a fin de lograr instrumentos realmente adaptados y eficaces para el desarrollo de diseños más armónicos y coherentes. Con esto solo queda reafirmar una vez más la interdependencia entre disciplinas y la bidireccionalidad en la transmisión del conocimiento.

4.4 LA PROPUESTA DE CHRISTOPHER ALEXANDER

4.4.1 Introducción

Christopher Alexander es un arquitecto austriaco, doctorado en arquitectura por la Universidad de Harvard y poseedor de una importante formación previa en el campo de las ciencias (máster en matemáticas por la Universidad de Cambridge). Además de su labor arquitectónica, cabrá destacar también sus trabajos tempranos en el MIT (desarrollando investigaciones en el ámbito de las ciencias de la computación) y en Harvard, donde formó parte del Centro de Estudios Cognitivos. Ambas experiencias resultarán claves en su trayectoria, así como su posterior vinculación a la Universidad de Berkeley, California, donde desarrollará la mayoría de su labor docente e investigadora³.

Tal y como hemos visto en el capítulo 1, relativo al contexto arquitectónico, Alexander comenzará a dejar constancia de su pensamiento en artículos como “*A City is not a Tree*”, publicado de 1965, donde reivindica por vez primera la necesidad de abordar el diseño urbano desde una perspectiva sistémica y compleja, utilizando para ello herramientas matemáticas como los grafos. Dentro de sus trabajos tempranos cabrá destacar también la obra “*Notes on the synthesis of Form*” (1964), adaptación de su tesis doctoral, en la cual manifiesta igualmente una actitud científica ante los problemas del diseño arquitectónico.

Pero sin duda su obra más relevante durante la segunda mitad del s.XX será “*A Pattern Language*” (1977). A través del “lenguaje de patrones” Alexander ideará una nueva manera de abordar los problemas arquitectónicos, convirtiendo el proceso de diseño en un conjunto de pequeñas decisiones encadenadas, decisiones que se podrán ser resueltas haciendo uso de los patrones o “patterns”, consistentes en conjuntos de “problemas/soluciones arquitectónicas tipo”. La labor del arquitecto consistirá pues en detectar estos patrones genéricos de modo que posteriormente puedan ser usados por los usuarios/constructores/diseñadores para resolver problemas de diseño concretos. Con esta obra, Alexander introducirá una nueva manera de concebir el diseño arquitectónico, dando comienzo así a una nueva vía de investigación que evolucionará gracias al trabajo del propio Alexander y de sus seguidores.

Sin embargo, a pesar de la influencia y relevancia de este trabajo, Alexander mostrará cierta insatisfacción al detectar que muchas de las obras creadas a partir de este lenguaje de patrones derivaban en formas carentes de “vida”, carentes del alma y la armonía deseadas. Tal y como indica M. Mehaffy, “*Alexander and his colleagues*

³ Christopher Alexander fue nombrado profesor de arquitectura en el año 1963, y actualmente es profesor emérito en dicha institución

were disturbed to find that many of the designers inspired by *A Pattern Language* produced work that was crude and artless. What was missing from the methodology he and his colleagues were offering? (Mehaffy, 2004 b). Además de esta carencia, autores como B.Hillier señalarán otros posibles fallos, principalmente centrados en la manera de entender y construir las estructuras complejas: “when you join two things together you tend to change both of them. (...) when you juxtapose patterns it makes a third thing, which changes the original pattern. So I think we need to understand more about a larger scale of organisation, rather than simply a particular pattern of how we put them together”⁴. Críticas similares podrían aplicarse a otras obras desarrolladas por Alexander durante estos mismos años, en trabajos como “*The Oregon Experiment*” o “*A New Theory of Urban Design*”, entre otros.

Ante esta situación, Alexander optará por iniciar una nueva etapa en sus investigaciones, planteando un estudio más genérico y transversal que le permitiese descifrar los rasgos y procesos geométricos que generan reacciones sensoriales positivas en el usuario/espectador. Se tratará de ahondar todavía más en la búsqueda de ese ADN común que subyace tras los patterns, las formas naturales, las grandes arquitecturas del pasado, etc. Esta nueva búsqueda, iniciada por Alexander hacia finales de la década de 1970, culminará con la publicación de la obra “*The Nature of Order: an essay on the art of building and the nature of the universe*”, consistente en cuatro tomos: “The Phenomenon of Life” (libro 1), “The Process of Creating Life”(libro 2); “A Vision of a Living World” (libro 3) y “The Luminous Ground” (libro 4). A través de esta extensa obra (más de 2.000 páginas en total) Alexander no solo aglutinará todos los conocimientos heredados de sus trabajos previos, sino que los desarrollará y los llevará hasta las últimas consecuencias para lograr una visión más abierta y comprometida con la comprensión holística de la realidad. Tal y como veremos a lo largo del presente apartado, en esta última obra Alexander mostrará una mayor interés hacia la fenomenología y la percepción, entendiéndolas como la base fundamental sobre la que construir un nuevo discurso que por supuesto integrará los valores y principios defendidos en el lenguaje de patrones y en otros trabajos previos.

El análisis desarrollado en la presente tesis se centrará principalmente en esta última obra, “*The Nature of Order*” (a partir de ahora NOO), al considerar que es la que mejor refleja el pensamiento de Alexander. A continuación estudiaremos los aspectos principales de su propuesta, así como algunos conceptos clave.

⁴ Frase de Bill Hillier recogida en el acta del ciclo de conferencias titulado “New Science, New Architecture, New Urbanism?” celebradas en el año 2004 por la Princes’ Foundation for the Built Environment. (Mehaffy, 2004)

4.4.2 Conceptos clave en la propuesta de Christopher Alexander

En “The Nature of Order” Alexander construirá una nueva teoría para describir los fundamentos y procesos formales que guían la naturaleza y la arquitectura, así como sus efectos sobre la percepción humana. Para ello introducirá nuevos términos y conceptos, siendo los más relevantes los recogidos a continuación:

La “Totalidad” (“Wholeness”) y la Teoría de Centros

Durante su etapa en el centro de estudios cognitivos de Harvard, Alexander se dedicará a estudiar cómo funciona la mente a la hora de percibir e interpretar diferentes tipos de imágenes y configuraciones espaciales. Para poder comparar entre sí diferentes tipos de imágenes (de estructuras naturales, de arquitecturas, de objetos, de patrones geométricos, etc.) Alexander ideará un método de abstracción consistente en transformar las imágenes en una serie de “centros” o “regiones” relacionadas entre sí. A través de éste método logrará crear una notación común que servirá para transformar cualquier tipo de imagen, posibilitando así su análisis y comparación mutua.

En las imágenes adjuntas se incluyen dos ejemplos sencillos desarrollados por el propio Alexander, en el primero transforma una imagen real en un conjunto abstracto de regiones o centros, mientras que en la segunda utiliza este mismo método para estudiar y comparar entre sí dos posibles diseños para una puerta.

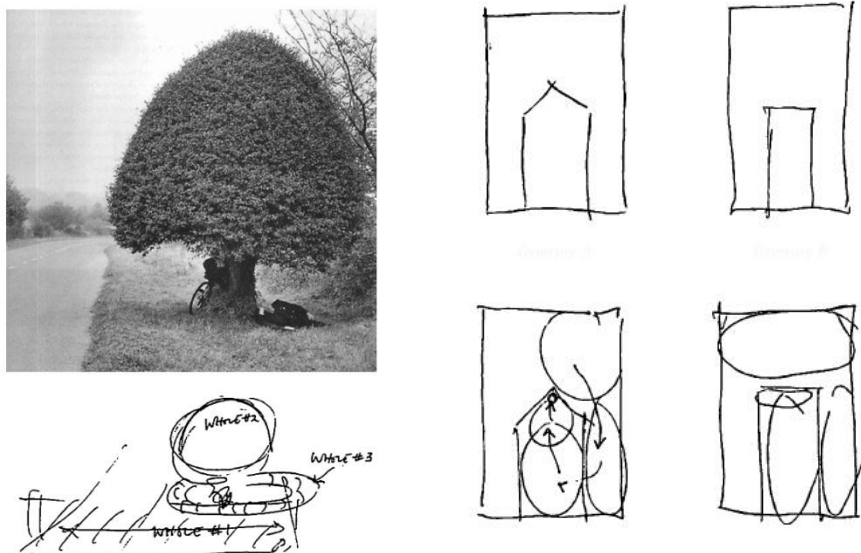


Figura 4.5_ Toda imagen o configuración puede ser analizada y presentada como un conjunto interrelacionado de regiones o centros. Fuente: Alexander, 2002; 92-103.

Cualquier imagen puede descomponerse en diferentes regiones, en centros con diferentes grados de protagonismo que se relacionan y complementan entre sí dando lugar a una estructura geométrico-matemática a la que Alexander denominará “wholeness”, y que traduciremos como “totalidad”: *“The overall configuration of the nested centers, together with their relative intensities, comprise a single structure. I define this structure as the wholeness of that region”*. (Alexander, 2002; 96).

Véase que estas regiones o centros no tienen por qué corresponderse necesariamente con objetos o entidades semánticas, sino que las trascienden para describir características puramente espaciales y perceptivas. La “totalidad” puede definirse como algo similar a un campo de fuerzas, como una estructura relativamente difusa pero al mismo tiempo susceptible de ser analizada y formalizada en términos matemáticos y geométricos (utilizando los conceptos y herramientas de la topología).

La estructura de la “totalidad” puede definirse asimismo como una estructura compleja y de carácter no-lineal, una estructura que dependerá en todo momento de la cantidad de centros existentes y de sus interrelaciones mutuas. Así, el simple hecho de incluir un nuevo centro en la configuración podría provocar cambios sustanciales en la estructura global, como si se tratase de un “efecto mariposa”, provocando la redefinición de las jerarquías, y por lo tanto la emergencia de una nueva estructura. En la imagen adjunta se puede ver cómo el simple hecho de dibujar un punto en una hoja en blanco puede llegar a generar una estructura de centros y relaciones relativamente compleja, la cual se vería notablemente modificada en el caso de incluir un segundo punto.

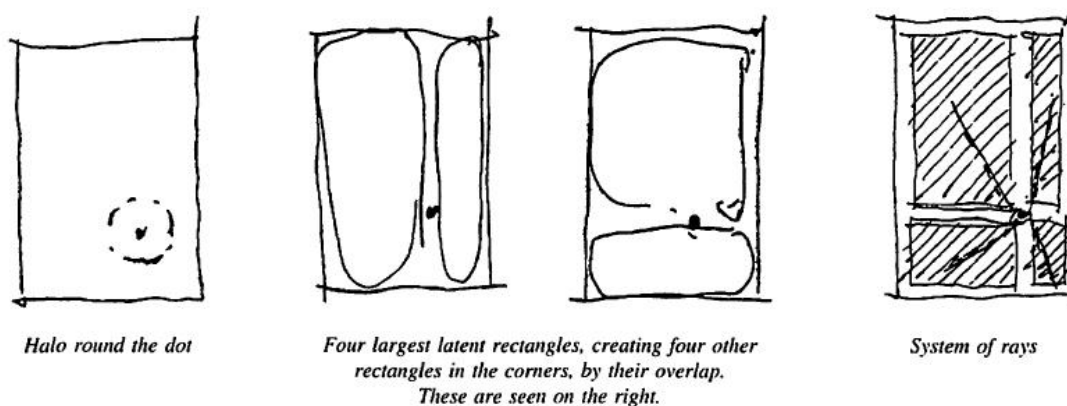


Figura 4.6_ Ejemplo en el que se demuestra cómo la simple incorporación de un punto en una hoja en blanco provoca cambios importantes en la estructura del wholeness.

Fuente: Alexander, 2002; 82

La percepción de la “Totalidad” y el concepto de “Vida” (“Living Structure”)

Alexander afirma que al observar cualquier tipo de imagen o configuración espacial, lo primero que capta nuestra mente es esta estructura global, la “totalidad”, para lo cual se apoyará en observaciones propias así como en teorías previas como la psicología de la Gestalt, la cual depende igualmente esta idea de “la percepción del todo”.

Asimismo, al enfrentarse a esta estructura global, nuestra mente tratará de detectar conexiones, relaciones entre centros, patrones coherentes que le permitan interpretar dichas imágenes. Nuestra mente está diseñada para buscar este tipo de conexiones. Esto quiere decir a su vez que las imágenes que (debido a su estructura de centros/configuración) faciliten este proceso cognitivo, tenderán a generar efectos positivos en nuestra mente, y al contrario, aquellas que lo dificulten tenderán a generar síntomas negativos y ansiedad.

Alexander pasará años realizando diferentes experimentos cognitivos y analizando las configuraciones propias de la naturaleza y de las grandes arquitecturas del pasado, al considerarlos como casos ejemplares, casos cuyo estudio permitirá inferir las características y propiedades que los hacen armónicos y a la vez atractivos a la percepción humana. Gracias a estas observaciones Alexander conseguirá detectar ciertos patrones, ciertas tendencias en la manera en que se organizan los centros, proponiendo así lo que denominará como “las 15 propiedades de la coherencia” (“fifteen properties of wholeness”). El grado de presencia de estas 15 propiedades determinará pues si una estructura es más o menos agradable a nivel perceptivo.



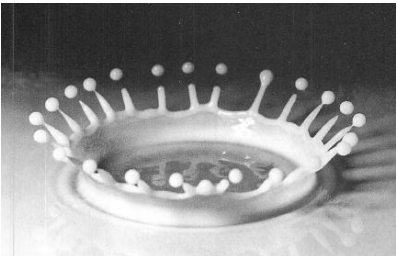
Figura 4.7_Recopilación imágenes utilizadas por Alexander para estudiar y explicar el concepto de vida y las 15 propiedades de la coherencia. Fuente: Alexander, NOO

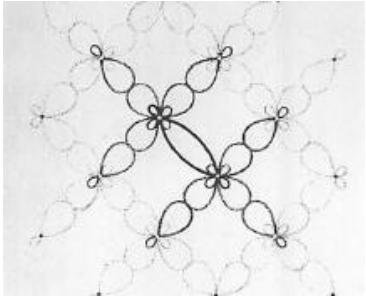
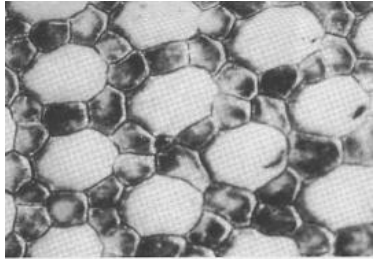
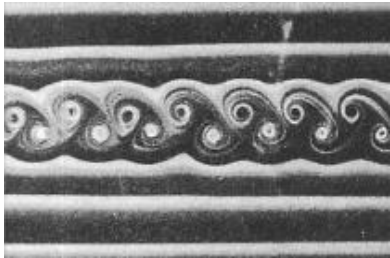

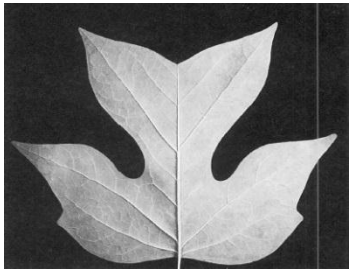
Volviendo a la terminología propuesta en NOO, diremos que una estructura que presenta estas 15 propiedades, y que por lo tanto tiende a generar sensaciones positivas a nivel perceptivo, es una estructura “viva” o una estructura con “vida” (“living structure”). Alexander adapta y redefine este concepto ancestral extendiéndolo más allá de los límites de la biología, para incluir así a todo tipo de entidades y estructuras. Tal y como indica M. Mehaffy, *“for Alexander, the universe is alive in its very geometrical essence”*. (Mehaffy, 2004 b).

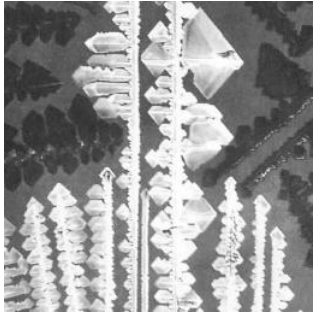
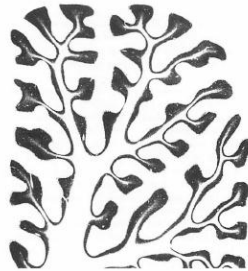
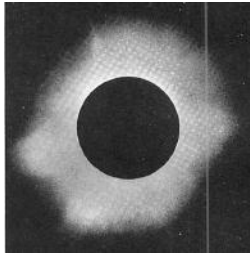
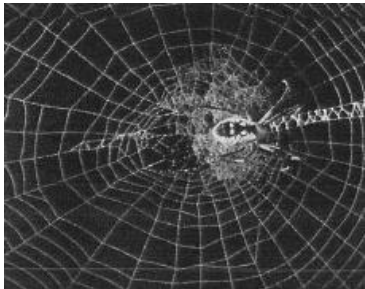
El objetivo principal de Alexander consistirá pues en identificar las propiedades que permiten la emergencia de estructuras con vida y en su aplicación a los problemas de diseño. Tal y como apunta B. Hanson, *“Alexander argues that “life” is a real property of the organisation of matter, and as such something of which we can come to an objective and measurable knowledge, which can then be applied to – amongst other things – the production of buildings”* (Hanson, 2004). Esto, tal y como se indicaba en la introducción, conducirá a una arquitectura guiada por valores, una arquitectura en la que no todo vale, ya que el objetivo es claro y preciso: crear estructuras con “vida”.

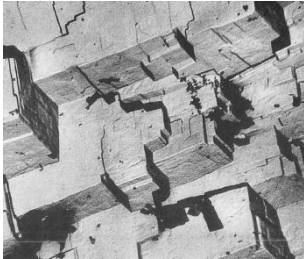
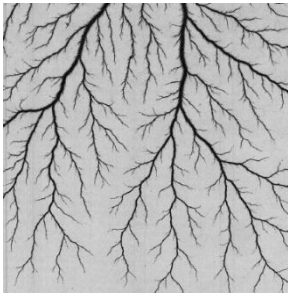

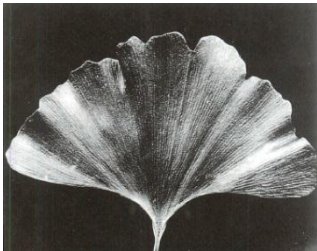
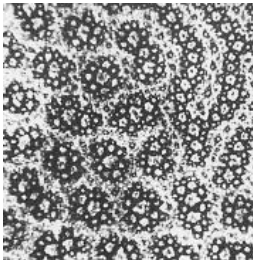
Las “15 Propiedades de la Coherencia”

Primeramente será necesario indicar que las 15 propiedades de la coherencia constituyen simplemente un intento de captar y formalizar los patrones observados por Alexander a lo largo de sus años de estudio e investigación. Tal y como indica el propio autor, el grado de desarrollo y de definición formal de estos patrones todavía es insuficiente para explicar los procesos morfogenéticos de la naturaleza, pero sí que sirven para describir algunos de sus rasgos y para conectarlos con el campo de la cognición humana. Esta propuesta deberá ser valorada pues como una primera aproximación para abordar las características geométricas de la “vida”, para poder analizarlas y aplicarlas al campo del diseño. En la tabla adjunta se recogen las “15 propiedades de la coherencia”, acompañadas de sus correspondientes explicaciones y ejemplos gráficos:

<p style="text-align: center;">CENTROS MARCADOS</p> <p>La coherencia depende directamente de la estructura que forman los centros, de sus relaciones y conexiones en las diferentes escalas</p>	
--	--

<p>NIVELES DE ESCALA</p> <p>Debe existir una determinada relación o proporcionalidad entre el tamaño de los centros pertenecientes a diferentes escalas. Los saltos de escala no deben ser ni demasiado grandes ni demasiado pequeños.</p>	
<p>BORDES GRUESOS</p> <p>En las estructuras con vida los centros suelen tener bordes o delimitaciones gruesas y/o marcadas. Generalmente estos bordes están compuestos por otros centros que complementan y refuerzan al centro principal.</p>	
<p>REPETICIÓN Y ALTERNANCIA</p> <p>Cuando existen centros de la misma escala, generalmente se suelen organizar en dos sistemas diferentes de manera que entre ambos se produzca una alternancia geométrica.</p>	
<p>“ESPACIO POSITIVO”</p> <p>En una configuración con vida no existen espacios principales y espacios residuales. Al contrario, todo espacio debe ser positivo, integrado en el todo.</p>	
<p>FORMAS ARMÓNICAS</p> <p>Los centros y subcentros deben formar geometrías coherentes, ordenadas. Esta forma suele estar relacionada con geometrías euclidianas, aunque también existen otras posibilidades.</p>	

<p style="text-align: center;">SIMETRÍAS LOCALES</p> <p>Las estructuras con vida suelen disponer de numerosas simetrías locales, que no necesariamente deben extenderse a todo el conjunto. Las simetrías locales tienden a reforzar el protagonismo de los centros y generan orden perceptivo</p>	
<p style="text-align: center;">CONEXIONES PROFUNDAS Y AMBIGÜEDAD</p> <p>Esto ocurre cuando los bordes de un centro se entremezclan con los bordes del centro contiguo fusionándose, convirtiéndose en parte de la misma cosa.</p>	
<p style="text-align: center;">CONTRASTES</p> <p>Es habitual y deseable la existencia de contrastes equilibrados entre centros contiguos o cercanos.</p>	
<p style="text-align: center;">GRADIENTES</p> <p>Los centros se refuerzan a través de otros subcentros que los complementan formando estructuras en diferentes escalas, formando gradientes. Los gradientes ayudan a transmitir nociones sobre intensidad y direccionalidad en términos geométricos.</p>	

<p style="text-align: center;">RUGOSIDAD</p> <p>Las irregularidades e impurezas leves son una característica propia de la naturaleza. Las geometrías perfectas no existen; siempre aparecen distorsiones o variaciones leves provocadas por el entorno, etc.</p>	
<p style="text-align: center;">“ECOS”</p> <p>Se refiere a las similitudes y resonancias geométricas existentes entre los diferentes centros. Las estructuras con vida tienen un cierto carácter fractal, con estructuras recurrentes o parecidas en diferentes escalas.</p>	
<p style="text-align: center;">VACÍOS</p> <p>En los centros fuertes y marcados siempre existen regiones vacías que ayudan a potenciar aún más los centros. Siempre debe existir un cierto equilibrio entre llenos y vacíos.</p>	
<p style="text-align: center;">SIMPLICIDAD Y CALMA INTERIOR</p> <p>Para lograr una configuración equilibrada todos los elementos sobrantes deben ser eliminados. La simplicidad ayuda a la correcta percepción del wholeness y evita que aparezcan elementos innecesarios que perjudiquen su comprensión.</p>	
<p style="text-align: center;">NO SEPARACIÓN</p> <p>Hace referencia a la conexión existente entre los centros y el wholeness. Todos los centros deben estar integrados en la configuración global, todos deben contribuir a generar una imagen global integrada y coherente.</p>	

Estas 15 propiedades podrán estar más o menos presentes en los diferentes objetos, arquitecturas, estructuras naturales, etc. dando lugar así a configuraciones con diferentes grados de vida. Uno de los grandes retos de la teoría de Alexander será llegar a cuantificar estas propiedades, expresándolas de manera matemática. El propio autor señala que todavía queda un largo camino para ello, al no existir, según dice, unas matemáticas adecuadas para tal objetivo, si bien su colega Nikos Salingaros ha realizado ciertos avances en este aspecto, los cuales estudiaremos más adelante.

Antes de finalizar este apartado merecerá la pena revisar algunos aspectos relativos al origen de estas 15 propiedades, a su naturaleza ontológica. En NOO Alexander no solo tratará de demostrar la validez empírica de sus 15 propiedades, sino que reflexionará también sobre su naturaleza y su sentido dentro de la cosmovisión y el contexto científico contemporáneo.

La primera cuestión a resolver consistirá en determinar por qué la naturaleza presenta siempre formas similares y recursivas (entre las que se encuentran las 15 propiedades de la coherencia), y no cualquier otra forma. Según Alexander, todavía no existe ninguna teoría científica que explique satisfactoriamente este tema, y por ello propone la hipótesis de la existencia de leyes propias del espacio, leyes que todavía no conocemos: *“there is a certain class of mathematical structures, in space itself, that has features that, for spatial and computational reasons alone, gradually appear in space, not because of something that is caused by forces, but because of the geometry of space itself. In short, certain kinds of ring thickness to ring diameter are more likely to occur simply because of their geometry. For some essentially geometric reason, the universe chooses to go in this direction”*. (Alexander, 2005; 36).

En segundo lugar, será necesario determinar por qué nuestros mecanismos cognitivos están de alguna manera conectados a estas propiedades geométricas. Si bien Alexander trata de demostrar esta conexión a través de imágenes y experimentos cognitivos, en mi opinión la argumentación más sólida la proporciona N. Salingaros en su libro *“A Theory of Architecture”*, en el cual afirma que la familiaridad y conexión cognitiva con respecto a las geometrías de la naturaleza puede proceder de una herencia ancestral, de siglos de evolución en los que el hombre ha convivido con este tipo de geometrías y se ha acostumbrado a ellas. Del mismo modo, cualquier objeto, arquitectura, etc. que se guíe por los mismos principios geométricos alcanzará efectos similares en la percepción humana.

Creando arquitecturas con “Vida”: “Transformaciones para Extender la Coherencia” (“Wholeness Extending Transformations”)

Una vez analizadas las 15 propiedades de la coherencia, el siguiente paso consistirá en ver cómo pueden aplicarse estas propiedades en el proceso de diseño arquitectónico. Para ello Alexander introducirá el concepto de “Transformaciones para Extender la Coherencia” (“Wholeness Extending Transformations”), un concepto que

también será denominado bajo otros términos como “structure-preserving transformations” o “harmony seeking computations”, pero que en definitiva hacen referencia a la misma idea: la combinación y aplicación secuencial de las 15 propiedades con el fin de crear estructuras dotadas de vida.

Las 15 propiedades no hacen referencia simplemente a características estáticas, sino que pueden ser interpretadas también como acciones, como transformaciones que al ser aplicadas sobre una configuración dada permitirán introducir nuevos centros y patrones de organización. Para entender mejor cómo puede llevarse a cabo este proceso, introduciremos algunas de las principales ideas y recomendaciones propuestas por Alexander:

Proceso Generativo: adaptación “paso a paso” (“step by step adaptation”)

Alexander propone una metodología de diseño consistente en ir resolviendo los problemas paso a paso, de manera secuencial y acumulativa; cada decisión de diseño se apoyará en las decisiones anteriores y condicionará las futuras. Nos encontramos pues ante un proceso de diseño de carácter generativo, en el que la solución final se va obteniendo de manera progresiva, paulatina.

Alexander explicará las diferencias existentes entre su método y las estrategias utilizadas habitualmente en la práctica contemporánea mediante la contraposición de dos conceptos: el “diseño generado (o generativo)” y el “diseño fabricado”.

- El diseño generado, tal y como acabamos de ver, será consecuencia de un proceso secuencial, generativo, similar al que podríamos observar en el crecimiento de una planta o en el desarrollo de un embrión: las estructuras evolucionan de configuraciones simples y genéricas hacia configuraciones cada vez más complejas, especializadas y adaptadas al entorno, siempre siguiendo un proceso de transformación gradual.

- Los “diseños fabricados”, en cambio, serán consecuencia de la implementación de ideas y formas preconcebidas, de la imposición de imágenes y recursos estilísticos prefijados que provocarán un desarrollo brusco del proyecto. Evidentemente este tipo de estrategias dificultan la adaptación del proyecto a las características del contexto y por lo tanto su integración en la estructura global, en el “todo” (wholeness). Tal y como indica Alexander, nuestras ciudades tienden a estar dominadas por estas estructuras fabricadas, impulsadas en gran parte por las estrategias inmobiliarias (basadas generalmente en la repetición de fórmulas y tipologías fijas) y por diseños basados en formas y preceptos estilísticos autónomos o poco sensibles al contexto.

El diseño generativo se basará en la mejora y evolución constante del diseño a través de la implementación de nuevos centros, de nuevos elementos que aporten

cada vez una riqueza y complejidad mayor al diseño. A continuación explicaremos con mayor profundidad en qué consisten estos centros, así como la secuencia necesaria para incorporarlos de manera ordenada y efectiva.

Desarrollo del proceso generativo

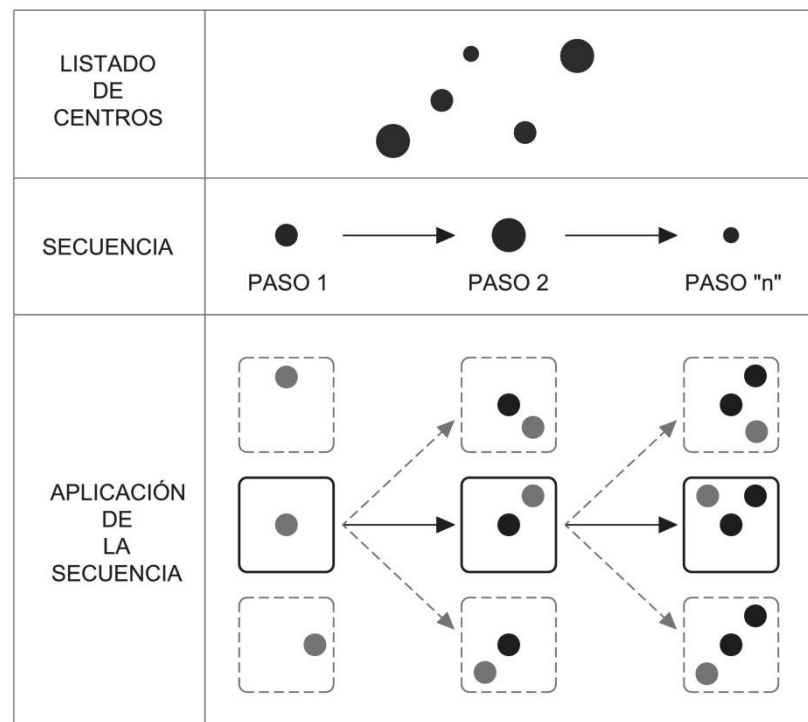


Figura 4.8_Desarrollo de un diseño siguiendo los pasos de una secuencia generativa.
Fuente: Esquema elaborado por el autor de la tesis.

A Identificar y definir los centros

Tal y como indica Alexander en NOO 2, *“for life to be created, what must be built, extended, added, at every moment, at every next step, is a center”*. (Alexander, 2002b; 268). Los centros no deben entenderse simplemente como objetos o formas, sino que hacen referencia a algo más amplio: los centros pueden ser regiones, espacios, detalles, focos de actividad, etc. Un centro es cualquier entidad o característica que podamos introducir en el diseño para hacer que su “coherencia/totalidad” evolucione hacia mayores grados de “vida”.

Estos centros, además de mejorar la calidad perceptiva y fenomenológica del diseño, deberán dar respuesta también a las necesidades funcionales, utilitarias y socioculturales asociadas a cada proyecto. Debe existir una conexión entre los centros y los patrones de uso o actividades previstas para cada edificio o entorno construido.

Tal y como indica Alexander, *“the process of finding these deep generalized culture-borne centers, discussing them, evaluating them, settling them, and then applying them to the construction of the world is a major part of the work of the designer”*. (Alexander, 2002b; 346). Podemos ver así una correlación directa entre el concepto de “centro” descrito en NOO y el de “patrón”, desarrollado en la obra *“A Pattern language”*, lo cual revela una continuidad pero también una evolución en el discurso teórico de Alexander.

El primer paso a la hora de abordar un proyecto consistirá pues en crear una lista de centros, expresados a través de palabras y conceptos. Este listado irá más allá de la simple elaboración de un programa funcional al estilo convencional, ya que además de espacios también se hará referencia a actividades, sensaciones, elementos puntuales, etc. Así, para el concurso PREVI Perú, consistente en el diseño de viviendas sociales en Lima, Alexander y su equipo elaborarán un listado de centros compuesto por más de 60 items, entre los cuales destacarán términos tan diversos como *“car-pedestrian symbiosis, shops on corners, fiesta, street football, thick walls, cross-ventilated house, home studio, tapestry of light and dark, etc”* (Alexander, 2002b; 352). Para Alexander, este listado llegará a adquirir dimensiones casi poéticas, trascendentales: *“these centers, the list alone, creates an almost magical atmosphere. As soon as we name them, just from naming them, we begin to feel the aura of the place”*. (Alexander, 2002b; 362)

B. Establecer una secuencia

Una vez definidos los principales centros que formarán parte del proyecto, el siguiente paso consistirá en definir una secuencia que indique en qué orden y de qué manera deberán introducirse dichos centros en el diseño. Se trata pues de crear una especie de libro de instrucciones, una guía que nos ayude a resolver los problemas de diseño de manera progresiva y secuencial.

Tal y como indica Alexander, para crear diseños con “vida” será fundamental dar los pasos en el orden correcto, si bien el propio autor reconoce que todavía no existe ninguna vía científica/matemática que permita establecer qué secuencias funcionan y cuales no (Alexander, 2002b; 306). El criterio principal, una vez más, consistirá en prestar atención al “todo”, en aplicar una visión global que nos permita identificar los potenciales y carencias existentes en cada etapa del proyecto para plantear así pasos o medidas que ayuden a mejorar su armonía, su expresividad y su grado de organización y coherencia interna.

Cabe indicar que las secuencias a las que se refiere Alexander no suelen corresponderse con los pasos seguidos en las estrategias de diseño convencionales, guiados generalmente por lógicas mecanicistas que poco tienen que ver con la potenciación del todo. Así, por ejemplo, a la hora de diseñar una vivienda aislada Alexander recomienda partir por el diseño del jardín o del espacio público, de manera

que complemente y potencie los espacios existentes en los predios vecinos. Solo después de esto se pasará a estudiar la ubicación de la vivienda y su asentamiento en el terreno, nuevamente pensando en cuál sería la mejor manera de que todo se complemente entre sí y trabaje como un conjunto. Este es un ejemplo sencillo, pero sirve para demostrar que el desarrollo de las “transformaciones para extender la coherencia” requieren una mentalidad y un enfoque notablemente diferentes a los que estamos acostumbrados.

C. Aplicar la secuencia

Una vez provistos del listado de centros y de su correspondiente secuencia, el siguiente paso consistirá en la aplicación de estas instrucciones sobre el contexto específico del proyecto. Este proceso distará mucho de ser un proceso mecánico o lineal, ya que no existe una única solución para cada paso de la secuencia, sino múltiples alternativas que deberán ser exploradas y evaluadas. Cada paso y decisión de diseño deberán ser objeto pues de un estudio profundo, a través de la reflexión y la realización de múltiples ensayos de prueba-error. Solo al llegar a una solución adecuada podremos pasar al siguiente paso, y así sucesivamente hasta completar la totalidad de la secuencia.

Cada uno de los pasos de la secuencia contemplará la incorporación de nuevos centros, los cuales a su vez deberán integrarse y adaptarse a la configuración general a través de diversas operaciones/transformaciones geométricas, consistentes en la aplicación de las 15 propiedades de la coherencia. Las diferentes opciones o alternativas surgidas de este ejercicio geométrico deberán someterse posteriormente a evaluación, a fin de determinar cuál de ellas proporciona un mayor grado de coherencia y vida a la composición general. Ante la ausencia de métodos precisos para medir y determinar cuantitativamente el grado de “vida” de las diferentes opciones, Alexander apela a la intuición y las sensaciones percibidas por el diseñador (así como por los clientes y/o usuarios) como medio para evaluar y seleccionar la opción más adecuada. Esto revela una vez más el compromiso existente entre ciencia e intuición, dos aspectos que en la teoría de Alexander tienden a ir de la mano. Por último, la opción elegida será tomada como base para la implementación del siguiente paso de la secuencia, y así hasta llegar al resultado final.

Como puntualización final, indicar que dentro de este proceso de adaptación e integración formal Alexander otorgará una especial importancia al proceso de simplificación, entendiéndolo como un factor clave a la hora de mantener la coherencia y la armonía dentro del diseño. Alexander indica así la necesidad de revisar constantemente el proyecto, en cada uno de sus pasos, para depurar y eliminar aquellos elementos que comprometan o distorsionen la coherencia del conjunto. El proceso de complejización formal y organizativa deberá ir acompañado pues de un proceso simultáneo de simplificación, racionalización y control geométrico. Esto será especialmente evidente en determinados pasos del proceso, como cuando llega la

hora de incorporar el entramado estructural en el diseño. Para poder llegar a resultados lógicos y razonables, será necesario mover levemente algunos elementos de la composición, reubicarlos, a fin de lograr un trazado coherente. La configuración y la estructura global del conjunto siempre se mantienen, se trasladan de paso a paso del proyecto, aunque siempre incorporando mejoras y leves ajustes o modificaciones.

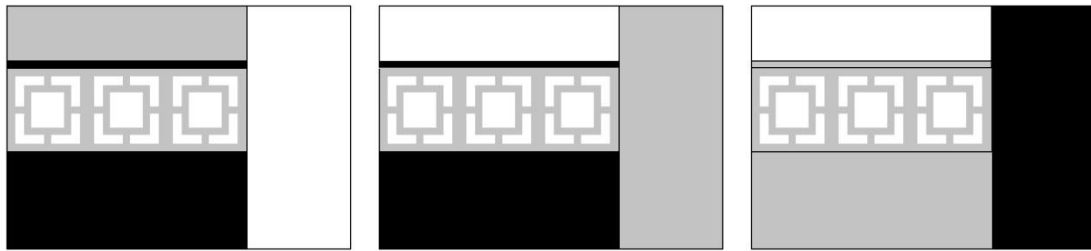


Figura 4.9_ Ensayos realizados por Alexander y su equipo para determinar cuál de las posibles soluciones aporta un mayor grado de “vida”. Como se puede comprobar existen diferentes maneras de disponer los bloques de colores, y por lo tanto diferentes maneras de introducir las propiedades de la coherencia. Los ensayos de prueba-error serán fundamentales para poder tomar decisiones de diseño adecuadas. Ilustración basada en las imágenes recogidas en Alexander, 2002b; 388-389

Para lograr una mejor comprensión del funcionamiento y las implicaciones prácticas de esta metodología estudiaremos a continuación varios proyectos desarrollados por Alexander y su equipo de trabajo.

4.4.3 Casos de Estudio:

Diseño Urbano: Plan de Ordenación Urbana en Pasadena, California, EE.UU.

A continuación estudiaremos la propuesta elaborada por Alexander y su equipo para la ciudad de Pasadena, California, EEUU, consistente en la elaboración de una ordenanza urbana que defina la manera de ocupar los solares en un barrio de baja densidad. El objetivo de las instituciones municipales era crear un tejido urbano rico y variado que rescatase la riqueza y diversidad de la ciudad tradicional/antigua, notablemente deteriorada a causa de las nuevas promociones de viviendas repetidas en serie.

Para ello, Alexander y su equipo idearán un nuevo tipo de ordenanza basada en criterios generativos, es decir, una ordenanza consistente en un número determinado de pasos o medidas que deberán ser aplicadas de manera secuencial. En total se propondrán 11 pasos o medidas que el promotor de cada vivienda deberá

cumplir para obtener el correspondiente permiso, pasos que describirán como siempre un proceso evolutivo que permitirá desarrollar el proyecto en todas sus escalas, siempre bajo la premisa central de mejorar el todo de manera progresiva, de potenciar el entorno urbano en su conjunto.

La propuesta partirá con la definición de los posibles centros, los cuales, dado el carácter general de la ordenanza, serán relativamente sencillos y genéricos: zonas de jardín, plazas de estacionamiento, volumetrías edificadas, accesos, detalles de jardines y viviendas, etc. La singularidad de la propuesta vendrá dada por la manera de jerarquizar y ordenar estos centros en una secuencia generativa, ya que al seguirla el diseñador se ve obligado a buscar la máxima calidad espacial y perceptiva, y no tanto el máximo beneficio económico.

La secuencia partirá proponiendo un estudio detallado del contexto urbano, a fin de detectar sus potencialidades y poder así marcar el rumbo para los siguientes pasos del diseño. A continuación se invitará a pensar la forma y configuración del jardín o los jardines, siempre pensando en complementar y potenciar la espacialidad generada por los jardines vecinos. Posteriormente se pensará la ubicación del edificio, del estacionamiento, etc. Los parámetros urbanísticos (alturas permitidas, alineaciones, etc.) se deducirán de las construcciones vecinas, así como de la configuración obtenida tras definir los espacios exteriores de la vivienda. Por último se abordará la definición exacta del volumen construido y sus posibles subdivisiones, los detalles de los espacios exteriores, etc.

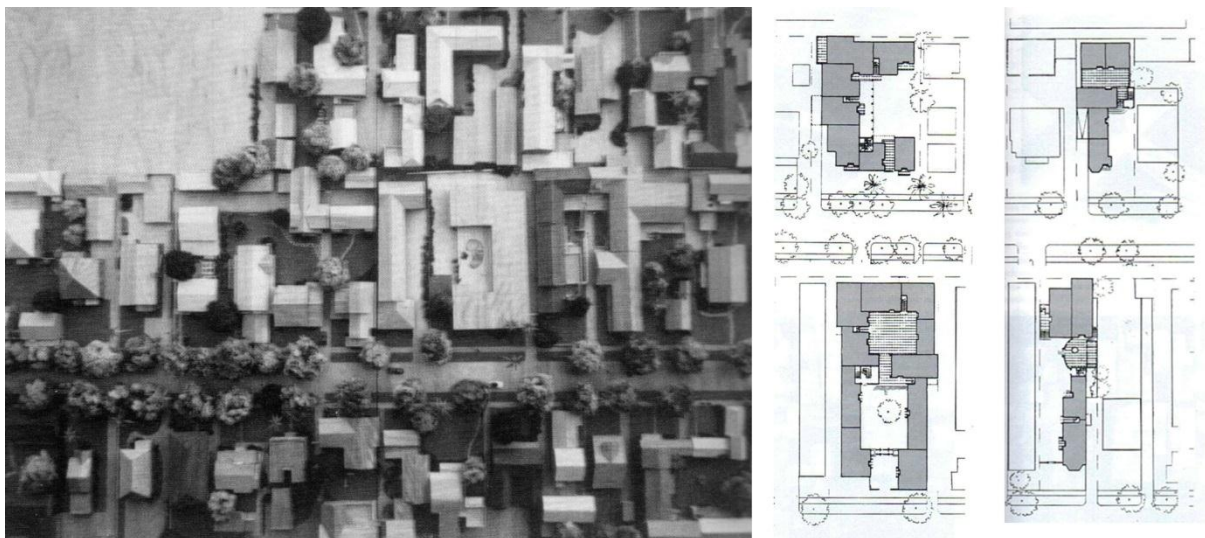


Figura 4.10_ Maqueta realizada por Alexander y sus alumnos simulando uno de los posibles resultados de la aplicación de la ordenanza generativa en el barrio residencial de Pasadena. Fuente: Alexander, 2002b

Nos encontramos pues ante una secuencia sumamente sencilla y casi evidente, pero que sin embargo difiere notablemente de los criterios aplicados habitualmente en el contexto inmobiliario actual. El mejor reflejo de esto son los resultados obtenidos: en las imágenes adjuntas se puede comprobar la gran diversidad de soluciones que pueden emerger a partir de la aplicación de esta misma secuencia sobre diferentes predios y contextos. Tal y como explica Alexander, *“although the generative sequence itself is fixed, the variety this sequence generates, when interacting with a variety of contexts, is very great- indeed, it is essentially infinite”* (Alexander, 2002b; 317). La normativa propuesta por Alexander y su equipo evita pues la repetición mecanicista de viviendas estandarizadas en pos de un entorno más diverso y orgánico, un entorno que se aproxima a la riqueza y el nivel de “vida” propios de algunos asentamientos tradicionales y espontáneos.

Diseño y construcción de vivienda unifamiliar: “Upham House”

En el ejemplo anterior hemos una manera sencilla y directa de aplicar la metodología de diseño propuesta por Alexander, si bien debemos indicar que a medida que los proyectos se hacen más específicos y concretos la complejidad del método se incrementa. Para ejemplificarlo analizaremos el proceso de diseño empleado para la planificación y la construcción de una vivienda unifamiliar ubicada en Berkeley, California, diseñada para la familia Upham.

El hecho de diseñar para un solar y una familia en específico obligará a desarrollar una investigación más precisa y singularizada sobre los centros que se deben incluir en el proyecto, así como a idear una secuencia propia que se adapte a las particularidades del encargo. Pero sin duda lo que más influirá en el proceso de diseño será el hecho de tener que construir físicamente la vivienda: para Alexander no vale simplemente con hacer ejercicios de prueba-error sobre el papel o sobre maquetas, sino que propone hacer ensayos durante el propio proceso de construcción. No existe disociación entre diseño y construcción, ambas cosas se convierten en un mismo proceso.

Esto quiere decir, por ejemplo, que a medida que el proyecto avanza se pueden ir descubriendo nuevos centros, nuevos focos que uno descubre al estar al interior de la propia estructura construida, focos que se descubre al vivir y experimentar el proyecto físicamente, in situ. Así pues, lo que anteriormente eran fases claramente definidas y acotadas (definición de centros, definición de la secuencia, aplicación de la secuencia), tienden a entremezclarse y solaparse. El proceso de diseño no existe como algo separado de la construcción, ambos se funden: a medida que evoluciona la construcción del edificio también evolucionan los centros a considerar así como la secuencia, cuyos pasos pueden modificarse, reducirse o ampliarse. Esto nos llevará a un proceso de diseño mucho más dinámico y cambiante, un proceso abierto a la contingencia pero siempre fiel a una idea central: la mejora

constante de la coherencia/totalidad a través de transformaciones sucesivas, a través de un proceso evolutivo “paso a paso”.



Figura 4.11_ Imágenes de la Upham House y su proceso de diseño. Fuente: Alexander, 2002b; 572-632.

En general, el proceso desarrollado por Alexander seguirá el patrón habitual, comenzando por el estudio del terreno (incluyendo la propia elección del solar en el que se construirá la vivienda), la ubicación de los espacios exteriores y los espacios construidos, el estudio inicial de las volumetrías, etc. Tras estas primeras aproximaciones, y sus consiguientes verificaciones en terreno (colocación de estacas para simular el replanteo del edificio y estudiar su relación con el entorno real, comprobación del posible impacto visual mediante la visita a las casas de los vecinos, etc.), se procederá a definir las diferentes partes de la vivienda, dando lugar a un proceso de diferenciación y especialización de los espacios: las estancias se adaptan y acomodan dentro de la configuración general del edificio, en lugar de imponer geometrías rígidas derivadas de criterios puramente formales o funcionalistas.

Si bien es posible detectar una cierta tendencia a diseñar de lo general a lo particular, de la volumetría global al detalle, es necesario indicar que las secuencias no tienen por qué seguir siempre esta lógica lineal. De hecho, Alexander intercalará constantemente reflexiones y ensayos relacionados con la ornamentación y el detalle de fachadas e interiores, a fin de ir imaginando y definiendo el carácter de cada parte del edificio. Así, Alexander ensayará detalles para el tratamiento de los muros y las paredes interiores antes incluso de definir con exactitud la delimitación de las

estancias, o la posición concreta de las ventanas, por ejemplo. La manera de avanzar en la comprensión y desarrollo de un proyecto no tiene porqué ser necesariamente lineal, hay veces que el diseño del detalle puede ayudar a deducir configuraciones de orden mayor, y viceversa. Lo importante es que cada paso complementa al anterior y abra camino para el siguiente, posibilitando así el desarrollo una secuencia lógica que responda a la mejora progresiva de la totalidad /coherencia.

Acabamos de ver dos ejemplos representativos de la nueva metodología propuesta por Alexander para el diseño arquitectónico y urbano, dos ejemplos elegidos entre una multitud de proyectos posibles, ya que las ideas de Alexander han dado lugar a una amplia vía de investigación apoyada por diferentes instituciones y profesionales de la arquitectura, entre las que destacará por supuesto el Center for Environmental Structure (CES), así como la “Fundación Sustasis”, encabezada por Michael Mehaffy, o la oficina DPZ, liderada por Andres Duany y Elizabeth Plater-Zyberk, entre muchos otros. Gracias a ellos se desarrollarán numerosos ejemplos prácticos basados en métodos y códigos generativos (así como variantes de los mismos), dando lugar a un importante catálogo de casos que servirá a su vez para respaldar e impulsar nuevas investigaciones y proyectos.



Figura 4.12_ Imágenes de diferentes proyectos desarrollados por la oficina DPZ (Duany-Plater-Zyberk). La mayoría de estos proyectos estarán basados en la aplicación del “Smart Code”, un método de planificación alternativo ideado por Duany e inspirado en el lenguaje de patrones de Alexander. Fuente: www.dpz.com

4.4.4 Valoración Crítica

Alexander constituye sin duda uno de los autores más relevantes en el discurso arquitectónico de la segunda mitad del s.XX y comienzos del XXI, dando inicio a una vía de trabajo que sigue viva hasta nuestros días a través de los autores aquí citados así como a través de los múltiples seguidores que en su práctica

profesional aplican el lenguaje de patrones y las leyes recogidas en “The Nature of Order”. Su propuesta, sin embargo, también será objeto de numerosas críticas y debates, pudiendo destacar ciertos puntos clave que desarrollaremos a continuación:

Crítica científica y fenomenológica

Alexander nunca ha descrito su obra como un trabajo sobre la fenomenología arquitectónica, y de hecho la utilización de este término es muy limitada en cualquiera de sus textos. Pese a hablar constantemente sobre las percepciones, las sensaciones y las experiencias generadas por la arquitectura, Alexander prefiere presentar su trabajo como una teoría global, como una teoría de carácter científico que no sólo se limita a explicar aspectos relacionados con la fenomenología, sino que amplía sus límites para dar cuenta también de fenómenos propios del mundo natural y social. Éste es sin duda su gran propósito, aunque hay diversos argumentos que invitan a cuestionar el logro de tan ambicioso objetivo.

En primer lugar destacarán las críticas de algunos representantes de la comunidad científica, como por ejemplo Philip Ball, director de la revista Nature, que criticará el hecho de que Alexander redefina y moldee a su conveniencia algunos términos científicos (como por ejemplo el concepto de “vida”) con el fin de crear un contexto y una realidad a medida. Tal y como indica el propio Ball: *“it seems a shame that he (Alexander) feels it necessary to develop an entirely new and seemingly arbitrary cosmology in order to justify his ideas. (...) I think we all probably know what he means when he says he experiences more ‘life’ in certain structures, but to then attribute this as a property of the space or structure, rather than as a psychological construct, seems wholly unjustified”* (Hanson, 2004b). A esto deberemos añadir algunas declaraciones del propio Alexander, en las cuales reconoce que las 15 propiedades de la coherencia no siempre aparecen en la naturaleza: *“if there is a law of nature which is creating these fifteen properties, this law is a temperamental law, which only works sometimes”* (Alexander, 2002b; 45). Así pues, lo que estudia Alexander no son fenómenos universales sino casos particulares de la realidad, casos en los que determinadas configuraciones formales provocan sensaciones positivas en los espectadores. Tal y como afirma el profesor David Seamon, *“his (Alexander’s) four-volume ‘The Nature of Order’ can be interpreted as a phenomenology of a particular kind of order that Alexander calls wholeness”* (Seamon, 2007). Aunque los postulados de Alexander no sean necesariamente válidos para dar explicación a cualquier fenómeno de la naturaleza, sí que lo son para dar cuenta de cómo los espectadores perciben, sienten y experimentan diferentes configuraciones arquitectónicas. Es precisamente por esto que en la presente tesis se han expuesto las teorías de Alexander y Salingaros bajo la denominación de “Estrategias Fenomenológicas”.

Crítica formal

La teoría de Alexander ha recibido numerosas críticas en lo relativo a su propuesta formal y estilística, al considerar que impone leyes excesivamente restrictivas y limitantes. En opinión del autor de la presente tesis estas críticas tienen una validez parcial ya que, si bien tienden a establecer ciertos límites y directrices en cuanto a la génesis formal, su propuesta no es más restrictiva que cualquier otro estilo que conozcamos. Tal y como hemos podido comprobar en los ejemplos analizados, los postulados de Alexander siguen dejando un campo suficientemente amplio como para poder experimentar, innovar y crear una gran variedad de soluciones posibles. Donde sí considero que existe una importante carencia es en el desarrollo práctico de estos postulados ya que, efectivamente, el grado de innovación reflejado en las diferentes obras construidas por estos autores es muy limitado. Si bien Alexander en todo momento se ha mostrado partidario de buscar nuevas fórmulas y patrones formales adaptados a las necesidades y preferencias de la época contemporánea, sus obras no han conseguido deshacerse del toque historicista y clásico que tanto buscaba superar. En el segundo tomo de su obra "Nature of Order", Alexander admite su deuda en este aspecto: *"I must admit, frankly, I do not solve this problem (el de la innovación formal y estética) (...) I shall indicate the general lines of solution, but I cannot claim to solve it fully. I hope tht it will be taken up by many architects, together, in decades ahead us"*. (Alexander, 2002b, 434). A este respecto también cabrá indicar la predilección de muchos de los seguidores de Alexander por las formas clásicas y vernáculas, lo cual frenará aún más el desarrollo de esta búsqueda formal. Este será el caso de los seguidores del "Nuevo Urbanismo", los cuales estarán respaldados por ejemplo por Salingaros o Andres Duany, entre otros.

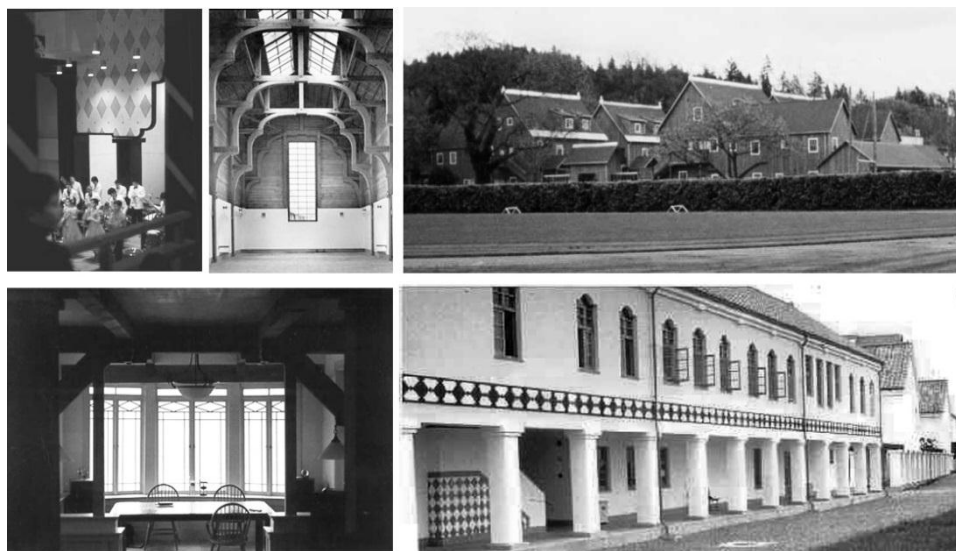


Figura 4.13_ Imágenes de diferentes proyectos desarrollados por C.Alexander y su equipo.
Fuente: www.patternlanguage.com

Crítica basada en criterios prácticos

Otra de las vías de crítica al trabajo de Alexander tiene que ver con la aplicabilidad práctica de sus métodos. Gran parte de su filosofía de diseño choca con la realidad de la planificación y la construcción arquitectónica contemporáneas, regidas por leyes y mecanismos sumamente diferentes a los promulgados por Alexander. Así, por ejemplo, resultará difícil construir una ciudad o un barrio completo siguiendo un proceso plenamente bottom-up, con una evolución progresiva paso a paso en el que todas las piezas y estructuras urbanas vayan creciendo y desarrollándose de manera acompañada. La implementación de las ideas de Alexander requiere de un cambio de mentalidad profundo en todas las escalas del diseño y la construcción arquitectónica, algo que se concibe poco probable, casi utópico.

Algunos de sus seguidores, sin embargo, plantearán alternativas orientadas a compatibilizar ambos mundos, como es el caso de Michael Mehaffy o Andres Duany, comprometidos con el desarrollo de códigos y herramientas de planificación que permitan “inocular” los valores propuestos en NOO en el seno de la burocracia estatal. Tal y como indica Andres Duany, *“el problema de Alexander es que su teoría no está conectada a una red de poder. El Nuevo Urbanismo, en cambio, sí que está conectada a una red de poder: está conectada a las miles de oficinas de planificación de los Estados Unidos, a través del Smart Code. A los burócratas no les importa que les cambien el libro, les preocupa no tener libro. Por medio del Smart Code es posible hacer que la burocracia incorpore y promueva los valores descritos por Alexander”*. (Duany, entrevista)

4.5_LA PROPUESTA DE NIKOS SALINGAROS

4.5.1 Introducción

Nikos Salingaros es físico de formación, si bien gran parte de su experiencia y conocimiento se encuentran volcados en el campo de la teoría arquitectónica y urbana. Salingaros es profesor en la Universidad de Texas en San Antonio, en las áreas de matemáticas y arquitectura, ejerciendo también como profesor invitado en numerosas universidades a lo largo del mundo (Delft, Roma, Monterrey, etc.). En el ámbito arquitectónico cabe destacar su estrecha colaboración con Christopher Alexander, al cual apoyará en el desarrollo de la obra “The Nature of Order”, compartiendo así numerosas ideas y planteamientos.

La teoría de Salingaros destacará por su carácter pragmático y conciso, una teoría que, pese a emplear argumentos procedentes de ramas muy diversas de la ciencia (ciencias de la complejidad, ciencias cognitivas, ciencias computacionales, física, biología, etc.), conseguirá transmitir una visión clara sobre los objetivos y principios que deben regir la arquitectura, expresándolos a través de fórmulas fácilmente entendibles y aplicables a la resolución de problemas prácticos. Podríamos decir que Salingaros sintetiza, simplifica y reformula muchas de las ideas propuestas por Alexander, al mismo tiempo que las amplía con nuevos métodos e ideas propias.

Salingaros ha difundido su trabajo a través de numerosos artículos y libros, pudiendo destacar especialmente el libro “*A Theory of Architecture*” (2006), “*Antiarchitecture and Deconstruction*” (2008), “*Unified Architectural Theory*” (2013), “*Principles of Urban Structure*” (2005), entre muchos otros. A continuación estudiaremos algunos de los principales conceptos y estrategias de diseño recogidos en el trabajo teórico de Nikos Salingaros:

4.5.2 Conceptos clave en la propuesta de Salingaros

Las leyes del “Orden Estructural” (Structural Order)

Uno de los objetivos principales de Salingaros consistirá en explorar principios científicos y matemáticos que sirvan para guiar el diseño arquitectónico hacia resultados más armónicos y conectados con las leyes de la naturaleza y la percepción humana. Anteriormente hemos visto cómo Alexander respondía a este reto proponiendo las 15 propiedades de la coherencia, unas propiedades que servirán a Salingaros como base para la elaboración de nuevos estudios y para el desarrollo de una teoría propia que llevará a la formulación de los tres “Principios del Orden Estructural”.

Al igual que Alexander, Salingaros se apoyará en argumentos extraídos de la física, la biología, las ciencias cognitivas y de la propia observación de las arquitecturas clásicas y vernáculas para defender la validez de estas tres leyes y para demostrar que se trata de principios de carácter científico, es decir, principios universales, comunes a todos los seres humanos, independientemente del contexto cultural, la época o las modas. (Salingaros, 2006; 28).

A través de los “Principios del Orden Estructural” Salingaros complementará las ideas de Alexander proporcionando una estructura clara y precisa que ayudará a organizar y coordinar los patrones alejandrinos a través de las diferentes escalas del proyecto. Salingaros ofrece así una visión más global y holística, una visión que ayuda a comprender el carácter multiescalar y fractal de los diseños arquitectónicos y urbanos. Ya no se trata solamente de comprender las leyes generativas, sino de entender las jerarquías y estructuras que estas originan a lo largo del proyecto, y cómo se coordinan entre sí. Para dar cuenta de esto Salingaros propone tres grandes leyes o postulados: uno relativo a las relaciones existentes entre los elementos de la pequeña escala, otro relativo a los elementos de las escalas más grandes, y una tercera ley que servirá para poner en relación las ambas escalas, garantizando así la coherencia global y el funcionamiento holístico de la composición:

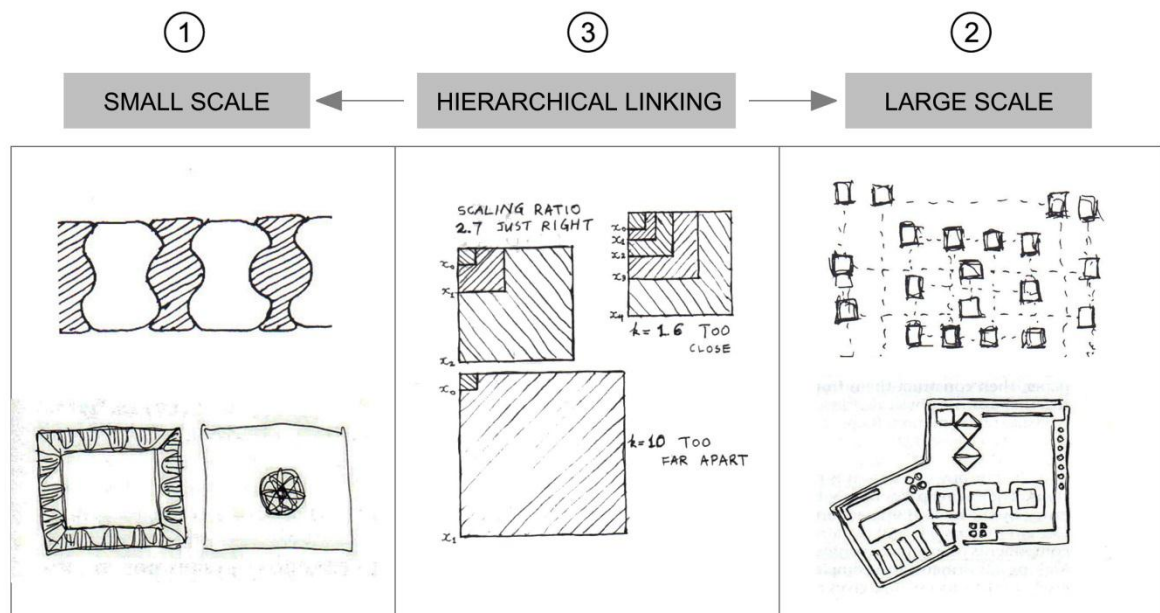


Figura 4.13_ Las tres leyes del Orden Estructural. Esquema elaborado a partir de gráficos e imágenes tomadas del libro “A Theory of Architecture”, de Nikos Salingaros

1 Relaciones en la Pequeña Escala

“Order in the smallest scale is established by paired contrasting elements, existing in a balanced visual tension” (Salingaros, 2006; 30). El orden en la pequeña escala vendrá dado por la vinculación e interacción directa entre elementos que se

encuentran próximos en el espacio. Para generar estos vínculos el recurso más empleado será la alternancia de formas y colores, para lo cual será importante que las diferentes partes tengan formas complementarias o compatibles de modo que puedan combinarse entre sí para generar patrones de rango mayor. Asimismo, a medida que se van formando patrones más complejos será igualmente importante que las regiones con alto grado de detalle se combinen con regiones vacías, a fin de mantener el equilibrio y el contraste en las sucesivas escalas.

2 Relaciones en la Gran Escala

“Large-scale order occurs when every element relates to every other element at a distance in a way that reduces entropy” (Salingaros, 2006; 30). A diferencia de la pequeña escala, en las escalas mayores las relaciones entre elementos no tienen por qué ser tan rígidas o directas; para reducir la entropía (grado de desorden de la composición) bastará con incorporar simetrías locales o puntuales, o bien establecer relaciones entre elementos distantes a través de recurrencias en el color o la forma. El objetivo es facilitar que nuestra mente pueda establecer relaciones y vínculos entre las diferentes partes de la composición, sin que ello implique someterla a geometrías excesivamente rígidas o impositivas que dificulten el correcto desarrollo del proyecto. Tal y como indica el propio Salingaros, muchos de los grandes edificios del pasado logran satisfacer el orden en la gran escala a través de formas complejas y relajadas, como en el caso de Isfahan, la plaza San Marcos, etc. (Salingaros, 2006; 79).

3 Jerarquías Escalares (“Hierarchical Scaling”)

Para que un diseño sea armónico es necesario que exista un cierto equilibrio entre las diferentes escalas que lo componen, es decir, que los elementos pertenecientes a diferentes rangos de escala se relacionen entre sí respetando ciertos ratios y relaciones de proporcionalidad. Nuestra mente está diseñada para detectar relaciones entre elementos, y para que esta actividad pueda desarrollarse adecuadamente es necesario que las composiciones faciliten dicha tarea, permitiendo una conexión rápida y sencilla entre los elementos de las diferentes escalas. Según Salingaros, la armonía y el bienestar perceptivo transmitidos por un edificio constituyen propiedades emergentes que solamente son alcanzables cuando el diseño dispone de una coherencia global, es decir, cuando dispone de una correcta cooperación entre los elementos pertenecientes a las diferentes escalas.

Salingaros, basándose en estudios procedentes del campo de la biología, de las ciencias cognitivas y del estudio del propio patrimonio arquitectónico, propondrá un ratio de proporcionalidad entre escalas de aproximadamente 2.7 (siempre considerándolo como un valor orientativo y no como una regla estricta), al considerarlo

como el valor que mejor refleja las relaciones de equilibrio y armonía en el entorno natural y construido.

Así pues, para poder definir y coordinar las diferentes escalas del edificio habrá que realizar tres operaciones básicas:

1) Determinar la dimensión de la escala mayor, que deberá definirse según las geometrías y los tamaños de los elementos del entorno arquitectónico/natural próximo. El proyecto y el entorno deben estar coordinados e integrados dentro del “todo”.

2) Determinar la dimensión de la escala menor, que en general coincidirá con la escala más pequeña perceptible a simple vista, entorno a 5-6mm. Esto quiere decir que la escala menor deberá satisfacerse por lo general con recursos no-espaciales, es decir, a través de recursos formales o de texturas. Esta es precisamente la función que en la antigüedad desempeñaba el ornamento, un recurso que Salingaros volverá a reivindicar y a poner en valor a través de diversos textos, como por ejemplo “*The sensory value of ornament*” o “*Hierarchical cooperation in architecture: the mathematical necessity of ornament*”. En todo caso, esto no quiere decir que se deba volver al ornamento clásico: los requerimientos de la pequeña escala pueden satisfacerse mediante materiales, texturas o despieces que respondan a criterios más contemporáneos y funcionales relacionados con la sostenibilidad, el comportamiento térmico, etc.

3) Determinar el número ideal de escalas que debería tener el proyecto, deducible a partir de las dimensiones anteriormente definidas y el ratio 2.7⁵. La aplicación de la “jerarquía escalar” obligará a que todas las escalas estén estrechamente ligadas entre sí, de modo que unas dependan directamente de las otras. La composición debe entenderse y funcionar como un todo.

Asimismo, el número de elementos existente en cada una de las escalas tenderá a seguir una ley de potencia inversa, existiendo un número limitado de elementos en la escala mayor, un número moderado de elementos en las escalas intermedias, y un número muy elevado de elementos en la pequeña escala. Esta distribución es propia de las estructuras fractales, y se considera como una propiedad típica de las estructuras con “vida”. Tal y como indica Salingaros, “*the distribution of units in any living system (including a living city) follows an inverse –power scaling law*” (Salingaros, 2005; 11). Tal y como veremos más adelante, autores como Michael Batty confirmarán la existencia de este tipo de estructuras fractales y leyes de escala en el ámbito urbano y territorial, demostrando que muchos de los procesos de crecimiento urbano tienden a generar este tipo de estructuras de manera espontánea. En todo

⁵ Número de escalas (n)= $1 + \ln(X_{\max}) - \ln(X_{\min})$ -> (siendo X_{\max} la dimensión máxima del proyecto y X_{\min} la dimensión mínima, la cual debería corresponderse con la dimensión mínima percible por el ojo humano, entorno a 5-6mm).

caso, Salingaros reivindicará la necesidad de mantener este carácter fractal no sólo a nivel macro, sino en todas las escalas del hábitat humano: *“there must be smaller urban elements, in increasing numbers, down to the human scale. (...) The hierarchy does not stop there, however, but should continue through architectural scales in buildings, into the structural scales found in natural materials”* (Salingaros, 2005; 78).

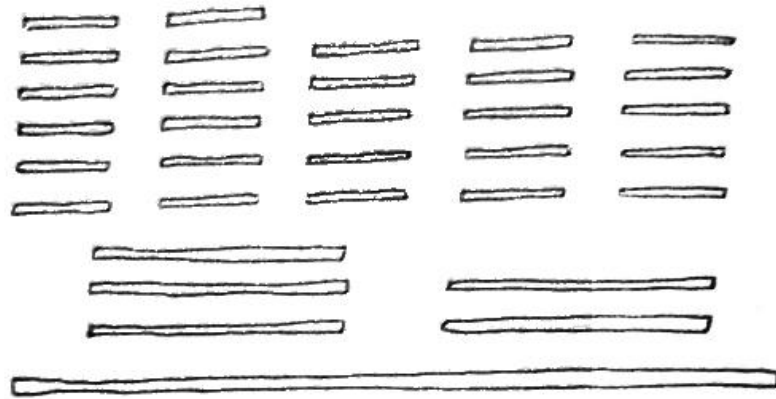


Figura 4.14_ Distribución de tamaños según ley de potencia inversa.
Fuente: Salingaros, 2005; 158

La cuantificación del Orden Estructural y el análisis de diferentes tipos de arquitecturas

Tal y como se ha indicado anteriormente, la “totalidad” se corresponde con una estructura real del espacio, una estructura que puede ser expresada de manera matemática y por lo tanto susceptible de cuantificación. Tal y como indica Christopher Alexander: *“life is a computable property, which arises in space as a result of the configuration of the space”* (Alexander, 2002; 469). El propio Alexander abordará este tema en uno de los apéndices de su libro “Nature of Order” (tomo 1), concluyendo que en la actualidad todavía no disponemos de las herramientas matemáticas necesarias para lograr una cuantificación precisa de la estructura de la totalidad, así como del concepto de “vida”. Salingaros, sin embargo, logrará establecer un método para cuantificar estos conceptos de manera estadística, un método cuya aplicación y desarrollo se encuentran explicados en el artículo titulado *“Life and Complexity in architecture from a thermodynamic analogy”* (Salingaros, 2006; 105-128).

El método de Salingaros estará basado en la definición y cuantificación de dos parámetros básicos:

- Temperatura del diseño arquitectónico (T), que describirá el grado de complejidad del diseño arquitectónico, es decir, la cantidad de

elementos/centros/detalles diferentes que conforman la composición arquitectónica. Para cuantificar este parámetro Salingaros planteará cinco preguntas/categorías a las que se deberá responder con una puntuación de 0, 1 ó 2, en función de las características del diseño. Así, se valorarán el grado de detalle en la pequeña escala, el contraste entre los detalles, su diversidad y complejidad formal, etc.

-Armonía del diseño arquitectónico (H), que medirá el grado de organización/coherencia/vinculación existente entre los diferentes elementos o centros que forman el diseño arquitectónico. En este caso se puntuarán la cantidad de simetrías, la (auto)similitud entre formas, las conexiones formales y cromáticas, etc.

Una vez definidos estos parámetros podremos combinarlos y operar con ellos para describir diferentes aspectos del diseño de manera cuantitativa. Así, Salingaros planteará dos nuevas categorías o parámetros compuestos:

- “Vida” arquitectónica (“Architectural Life”, L) -> $L=T \times H$ Mediante esta fórmula Salingaros busca describir el grado de “vida” del diseño (adoptando el concepto acuñado por Alexander), o dicho de otro modo, su grado de “complejidad organizada”.
- Complejidad Arquitectónica (C) -> $C=T(10-H)$ -> $0 < C < 100$ Describe el grado de “complejidad desorganizada” del diseño.

A continuación se adjunta una tabla en la que se muestran las puntuaciones obtenidas por Salingaros a la hora de estudiar edificios icónicos pertenecientes a diferentes épocas y estilos arquitectónicos. Tal y como se puede comprobar, una de las conclusiones de este estudio es que los estilos clásicos y tradicionales tienden a satisfacer mejor los requerimientos de armonía y vida, mientras que otros estilos más próximos como el Minimalismo o el Deconstructivismo tienden a los extremos de la simplicidad y la complejidad desorganizada, respectivamente.

Como apunte indicar que ninguna de las grandes obras de la arquitectura obtienen la máxima puntuación en el apartado de “vida” ya que, tal y como indica Salingaros, siempre es necesario disponer de un cierto grado de complejidad desorganizada para que la obra resulte atractiva, para que genere inquietud y curiosidad en el espectador, aunque siempre dentro de unos límites.

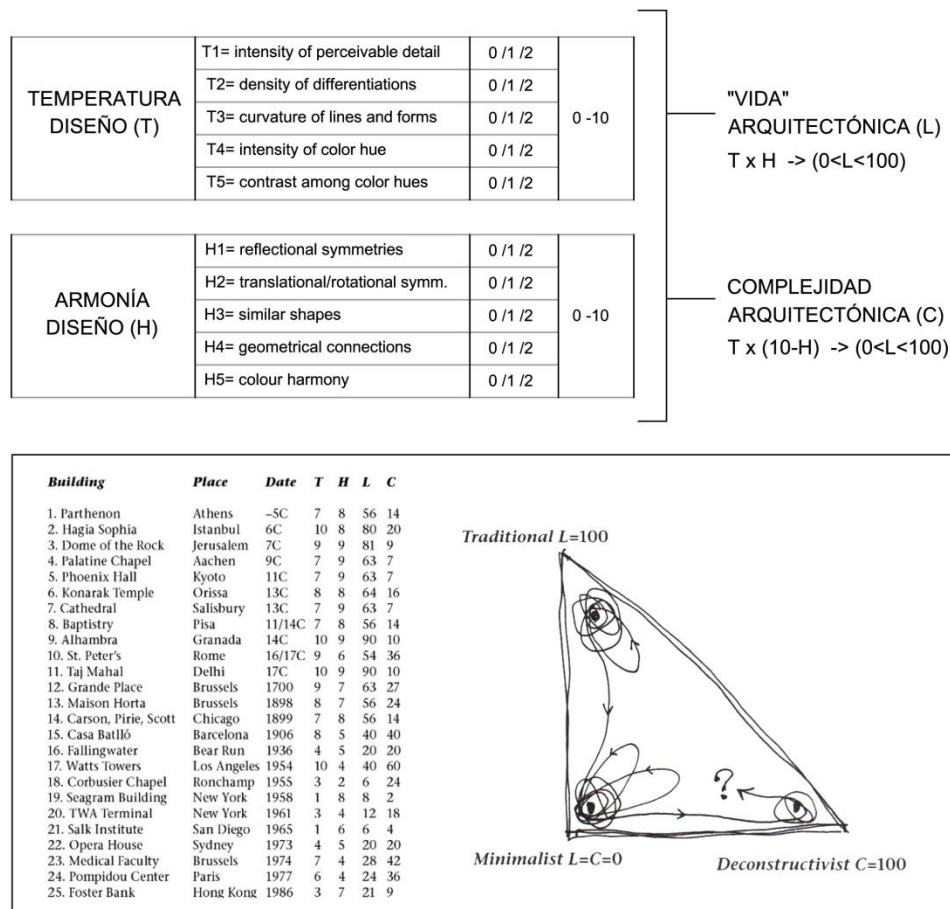


Figura 4.15_Aplicación y conclusiones del método de la "analogía termodinámica" utilizado por Salingaros para medir el grado de armonía de diferentes obras arquitectónicas. (Salingaros, 2006; 105-128)

En lo que respecta a la efectividad del método, Salingaros se muestra ampliamente satisfecho con los resultados obtenidos (Salingaros, entrevista), así como Alexander, si bien este último sugiere la realización de algunos retoques en los parámetros de puntuación a fin de lograr resultados un poco más precisos y equilibrados. Con respecto al desarrollo de esta herramienta, Salingaros fue preguntado en una de las entrevistas de la presente tesis sobre la posibilidad de desarrollar algún tipo de software que permitiese automatizar y "objetivar" aún más este método de análisis, haciéndolo más preciso y fácil de usar por parte de la comunidad arquitectónica, ante lo cual manifestó ciertas dudas: *"I'm afraid that a more sophisticated program will be used as a "black box", without trying to understand what it actually measures. That would defeat its entire value in understanding the process of design"* (Salingaros, entrevista). Así pues, para Salingaros se muestra más partidario de velar por la integridad de los principios y fundamentos del método que por su difusión y generalización en el ámbito práctico.

La Teoría de los Memes Arquitectónicos

Tal y como se indicaba en la introducción del presente capítulo, tanto Salingaros como Alexander critican abiertamente los principios y resultados estéticos derivados del Movimiento Moderno, el Minimalismo y en general cualquier tendencia que promueva cualquier tipo de “*fundamentalismo geométrico*”, por considerar que atentan contra de las leyes que rigen la naturaleza y los mecanismos perceptivos de los seres humanos. Sin embargo, en caso de ser así, ¿por qué siguen estando presentes en la práctica arquitectónica actual? ¿Por qué se siguen reproduciendo ese tipo de recursos formales y estéticos? Esta será sin duda una de las grandes preguntas asociadas a esta vía de investigación, y Salingaros le dará respuesta a través de “Teoría de los Memes”.

El término “meme”, acuñado originalmente por el biólogo evolutivo Richard Dawkins, hace referencia a determinadas entidades conceptuales que son capaces de propagarse y transmitirse a través de las mentes humanas. Sería algo así como un virus, pero en lugar de ser una entidad física se trata de entidades conceptuales, de ideas. Una de las características principales de los memes es su bajo contenido de información, la sencillez de su mensaje, que facilita su asimilación y transmisión a través de las mentes humanas. Los mensajes complejos son más difíciles de comunicar y de mantener en la memoria colectiva.

La hipótesis de Salingaros consistirá en afirmar que la mayoría de los recursos formales y estéticos asociados al Movimiento Moderno, el minimalismo, etc. pueden entenderse como memes, como fórmulas que por su propia sencillez y bajo contenido informacional se hacen fácilmente repetibles y reproducibles. En palabras del propio Salingaros: “*A style that is difficult to reproduce because of its complexity will die out. A style succeeds not because its original examples are either attractive or useful, but because of its simplicity, which allows to easily infect the vernacular building tradition*”. (Salingaros, 2006; 203)

De esta reflexión se deduce el compromiso de Salingaros con la simplificación y la síntesis, un compromiso necesario para que la arquitectura “viva” y “complejamente organizada” sobreviva a este proceso de selección natural y perdure en el tiempo.

La correspondencia entre lenguajes formales y lenguajes funcionales (lenguaje de patrones)

Tal y como hemos visto anteriormente, el “lenguaje de patrones” consiste en la identificación de problemas o situaciones recurrentes dentro del entorno construido, situaciones “tipo” que podrán ser igualmente resueltas a través de soluciones o configuraciones arquitectónicas “tipo”. Estos patrones de Alexander, sin embargo, no buscan imponer soluciones formales rígidas sino que tratan de dejar la mayor libertad

para que la forma final sea lo más abierta posible. Así, para poder transformar los patrones en diseños arquitectónicos específicos, será necesario pues recurrir a un determinado lenguaje formal, es decir, a un determinado conjunto de recursos geométricos y formales.

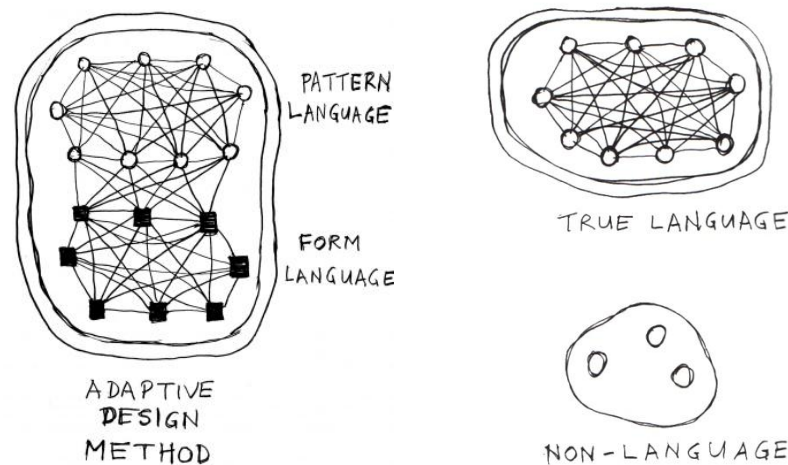


Figura 4.16_ Esquema ilustrando la necesaria correspondencia entre el lenguaje de patrones y el lenguaje formal en una obra arquitectónica. Asimismo, cualquier lenguaje formal válido deberá ser capaz de articular diferentes grados de conexión e interrelación entre elementos: debe ser compatible con el Orden Estructural. (Salingaros, 2006)

Salingaros afirma que debe existir una cierta correspondencia o complementariedad entre el lenguaje de patrones y el lenguaje formal empleado: no todos los lenguajes formales son válidos: “a form language that adapts to human beings contains and codifies certain very specific geometrical properties such as fractal structure, connectivity, coherence, and scaling”. (Salingaros, 2006; 225). En definitiva, podríamos decir que solo son válidos aquellos lenguajes formales que sean capaces de cumplir y promover las tres leyes del orden estructural.

Tal y como se ha podido comprobar en los estudios realizados por el propio Salingaros, las formas clásicas y vernáculas ofrecen un repertorio altamente compatible con los principios del orden estructural, lo cual las convierte en una opción factible y deseable para el desarrollo de diseños arquitectónicos armónicos y dotados de “vida”. Si bien Alexander reclama la necesidad de innovar y de encontrar nuevas alternativas (igualmente respetuosas con el orden estructural) a estos sistemas tradicionales, Salingaros se mostrará más cauteloso, indicando que esta urgencia por innovar *“is the central problem of today’s architectural education. One needs to first learn to generate healing environments through traditional typologies, because those are known to work, and then experiment to find new forms and solutions”* (Salingaros, entrevista). Así, Salingaros nos presenta una actitud más conservadora aunque también dotada de cierto interés, ya que nos presenta un escenario en el que tradición

e innovación no están reñidos o enfrentados, sino que pueden complementarse e impulsarse mutuamente al estar guiados por los mismos principios básicos.

4.5.3 Valoración Crítica

La propuesta teórica de Salingaros, al igual que la de Alexander, constituye una aproximación singular y poco habitual en el contexto contemporáneo, un contexto tendente a la subjetividad y la libertad creativa, y por lo tanto poco propenso a aceptar leyes que cohiban esta libertad. Tal y como se ha indicado anteriormente, el autor de la presente tesis considera que estas leyes dejan amplios márgenes para la creatividad y la expresividad personal, y por lo tanto esta vía de crítica debe considerarse relativa. Lo que sí es más criticable es la defensa de las formas y tipologías clásicas, algo cuestionado incluso por Alexander; el apego a estos clichés clásicos atenta contra la idea de una arquitectura adaptada y conectada con los valores y sentimientos de cada época (zeitgeist), y por lo tanto descontextualizada. Si bien Salingaros no descarta la innovación, el hecho de dejarla en segundo plano revela un cierto conformismo que no ayuda al progreso de la disciplina arquitectónica.

Otro aspecto criticable es la falta de ejemplos prácticos que apoyen y sustenten las afirmaciones teóricas. A diferencia de Alexander, que acompaña su argumentación de una gran cantidad de imágenes y ejemplos prácticos, en el caso de Salingaros abundan los bocetos y diagramas abstractos, bocetos sumamente explicativos pero distantes de la realidad física de la arquitectura construida. Salingaros no llega a adentrarse en el aspecto propositivo, y aunque sugiere criterios para generar nuevos diseños, él nunca llega a desarrollar sus propias propuestas. En el caso de Alexander, por ejemplo, el desarrollo de proyectos reales constituye un recurso fundamental para validar y/o cuestionar sus propias propuestas teóricas, y parece razonable pensar que Salingaros debiera proceder de la misma manera. Cabe esperar pues un mayor desarrollo práctico de sus ideas.

Por último podría señalarse la falta de herramientas prácticas que faciliten la aplicación de estos criterios, tanto a nivel analítico como propositivo. Muchas de las propuestas analizadas en la presente tesis disponen de sus propias herramientas “ad hoc”, como puede ser el software “depthmap X” para la sintaxis espacial o las herramientas de diseño paramétrico para la propuesta de Schumacher, herramientas que facilitan la formalización y la aplicación de los criterios avanzados en sus respectivas teorías. Aunque Salingaros proporciona recursos como el método termodinámico para medir el grado de vida y de coherencia estructural de las configuraciones arquitectónicas, se echa de menos la existencia de alguna plataforma que ayude a aplicar estos métodos de una manera más fácil y objetiva, aunque sea de una manera parcial.

4.6_CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Resumen

En el presente capítulo se ha estudiado la relación existente entre las configuraciones arquitectónicas/urbanas y las percepciones que éstas generan sobre los usuarios, tomando como base los trabajos de Christopher Alexander y Nikos Salingaros. Ambos autores se aproximarán a la fenomenología arquitectónica a través de un enfoque de carácter científico, con el fin de conocer las leyes y principios universales que rigen la percepción de los espacios arquitectónicos, y poder aplicarlos así al desarrollo de diseños que generen sensaciones positivas en los usuarios.

Alexander, por ejemplo, se aproximará a los principios de la gestalt y de la percepción holística para elaborar su “teoría de centros”, según la cual toda estructura arquitectónica se percibe como una estructura jerárquica de centros y subcentros (a la cual denominará “totalidad”) que puede ser expresada y estudiada matemáticamente. A continuación Alexander estudia cómo deben estar distribuidos estos centros para que generen sensaciones positivas al percibirlos (diseños dotados de “vida”), “descubriendo” así las “15 propiedades de la coherencia”. Estas propiedades, presentes tanto en las configuraciones arquitectónicas como en especies vegetales, obras de arte, etc. se presentan así como leyes universales, leyes presentes en todos los ámbitos de la realidad y que deberían ser incorporadas en el diseño arquitectónico. Esto llevará a Alexander a plantear un nuevo método de diseño arquitectónico, un método consistente en incorporar estas propiedades “paso a paso”, lo cual provocará que los diseños vayan teniendo cada vez mayores grados de “vida”.

La propuesta de Salingaros, por su parte, constituye un excelente complemento a la teoría de Alexander, ya que ayuda a completarla y expandirla con nuevos conceptos y métodos de diseño. Así, Salingaros proporciona principios para comprender el carácter jerárquico y fractal de las estructuras arquitectónicas y urbanas, plantea nuevos métodos para cuantificar el grado de “vida” de dichas estructuras, explica cuáles son los estilos que mejor cumplen con estos requisitos y porqué se encuentran apartados en la práctica arquitectónica actual, etc., apoyándose siempre en teorías y leyes procedentes de diversas ramas de la ciencia (destacando especialmente las ciencias de la complejidad).

En definitiva, nos encontramos ante una vía de trabajo singular a la vez que útil e inspiradora para profundizar en la dimensión fenomenológica de la arquitectura y avanzar hacia diseños cada vez más adaptados y coherentes con las necesidades perceptivas de los usuarios.

Comentarios Generales

Crítica general a las Estrategias Fenomenológicas

La vertiente fenomenológica descrita en la presente tesis⁶ consiste en abordar los aspectos relativos a la percepción y la experiencia de la arquitectura desde una lógica científica, partiendo del supuesto de que todos los seres humanos comparten ciertos mecanismos y tendencias comunes. La visión promovida por Alexander y Salingaros se basa pues en la “objetivación” de la fenomenología, proponiendo un enfoque sumamente interesante y necesario aunque también sujeto a múltiples vías de discusión y crítica. Parece evidente que nuestra percepción se fundamenta en ciertos aspectos innatos, dados por nuestra propia naturaleza de seres humanos pero, ¿hasta qué punto influyen estos mecanismos en nuestra experiencia final? ¿Cuál es el papel de factores como la socialización, el aprendizaje, las modas o las vivencias personales dentro de este ejercicio perceptivo? ¿Predomina más lo objetivo o lo subjetivo?

Sin duda nos enfrentamos a una pregunta constante a lo largo de la historia de la ciencia y la filosofía, la cual nos hallamos todavía lejos de resolver. Son numerosas las voces que reclaman posturas diferentes a las defendidas por Alexander y Salingaros; el filósofo y sociólogo Henry Lefebvre, por ejemplo, afirmará que *“lo inmediato, la sensación, se carga directamente con conocimientos adquiridos, mediatos. No existen dos operaciones distintas, dos tiempos en la aprehensión de los seres sensibles (...)”* (Lefebvre, 2013; 135). Según esta visión ambos aspectos se entremezclan, se fusionan, en lo que sería una concepción holística y sistémica de la cognición humana. Así pues, cabrá preguntarse hasta qué punto los principios descritos por Alexander son suficientemente universales y relevantes como para construir sobre ellos toda una nueva teoría del diseño arquitectónico. En la tercera parte de la tesis estudiaremos con más detalle los debates surgidos entre los protagonistas del presente apartado y arquitectos como P. Eisenman o C. Jencks, más proclives a la defensa de la “subjetividad” arquitectónica.

Reflexiones sobre los valores y aportes de la propuesta de Alexander y Salingaros

En opinión del autor de la presente tesis, las propuestas de Alexander y Salingaros son merecedoras de un lugar relevante dentro del actual panorama de la arquitectura compleja, a pesar de las críticas y de haber sido relegados en muchas ocasiones a un plano secundario dentro del discurso arquitectónico contemporáneo. En primer lugar se debe subrayar que no se trata de un discurso elaborado desde la

⁶ El enfoque científico desarrollado por Alexander y Salingaros es solamente una de tantas posibles maneras de aproximarse a la fenomenología arquitectónica. De hecho, lo más habitual es que se empleen métodos con mayores grados de subjetividad.

voluntad de protagonismo o de impacto mediático, sino desde convicciones profundamente científicas y humanistas, desde un deseo real de crear nuevos métodos y estrategias que mejoren la calidad de los entornos construidos y su impacto sobre la vida de los ciudadanos.

En mi opinión uno de sus grandes aportes es la capacidad de abrir nuestra mente y librarnos de muchos de los prejuicios arquitectónicos y científicos impuestos por el contexto. Alexander y Salingaros abren la puerta a una vía de trabajo novedosa en la que el rigor científico se combina con la exploración e incentivación de nuestras sensaciones e intuiciones profundas. Tal y como indican los autores, esta teoría sirve en gran parte para dar sustento científico y legitimidad teórica a muchas de las intuiciones que todos los seres humanos tenemos en el ámbito del diseño pero que en muchos casos quedan apartadas o desplazadas por el dictado de las modas y los estilos contemporáneos. En definitiva, nos encontramos ante una vía de trabajo que no solo aporta una importante cantidad de información y de principios de diseño, sino que además invita a que el espectador/diseñador/constructor las contraste y las complemente con sus propias sensaciones y experiencias. A diferencia de otras vías de investigación en el ámbito de la arquitectura compleja, la presente propuesta no promueve una actitud necesariamente innovadora y/o rompedora, sino que simplemente busca establecer un marco de acción que compatibilice la innovación con los valores y principios invariables que han guiado la evolución arquitectónica a lo largo de la historia. El objetivo es encontrar los mecanismos comunes a la naturaleza, la arquitectura y la percepción humana, extraer su ADN común y emplearlo para generar diseños más armónicos y adaptados a las necesidades de los ciudadanos.

Asimismo, el discurso de Alexander y Salingaros refleja a la perfección la necesidad de instaurar un nuevo tipo de pensamiento más complejo e integrador ⁷, un pensamiento que supere las confrontaciones cartesianas para integrar conceptos aparentemente opuestos dentro de una lógica común. Así, en la propuesta de Alexander y Salingaros se tienden a mezclar y compatibilizar ideas como el rigor científico y la inspiración artística, la intelectualidad y la sensibilidad, la innovación y el respeto por lo tradicional, la visión global y el interés por las particularidades locales, etc.

Tal y como hemos podido comprobar, nos encontramos ante una vía de trabajo con una trayectoria relativamente amplia pero que sin embargo todavía tiene mucho camino por recorrer. La filosofía y las directrices básicas se encuentran establecidas, pero será necesario todavía un amplio trabajo de investigación para seguir ampliando estos principios y reflejándolos en diseños y ejemplos prácticos que contribuyan al fin último de crear entornos arquitectónicos urbanos más “vivos” y adaptados a las verdaderas necesidades de sus habitantes.

⁷ En alusión al “pensamiento complejo” de Morin, explicado previamente en el apartado dedicado a las ciencias de la complejidad.

CAPÍTULO 5 ESTRATEGIAS SEMÁNTICAS

5.1_PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO

5.1.1 Introducción a las Estrategias Semánticas. Fundamentos y autores de referencia

En el presente apartado veremos cómo se incorporan los conceptos y herramientas de la complejidad en la elaboración de nuevos discursos y vías de investigación centrados en la dimensión semántica de la arquitectura. Nos encontramos pues ante propuestas que entenderán la arquitectura como un lenguaje, como una manera de transmitir mensajes e información a los usuarios. Esto implicará a su vez una importante diferencia con respecto a la comunicación fenomenológica vista en el capítulo anterior, ya que en este caso no hablaremos de percepciones pre-reflexivas, sino de interpretaciones conscientes: el usuario se convierte en un agente activo que observa la arquitectura y la analiza para comprender sus significados y connotaciones.

Para estudiar la presente vía de trabajo nos centraremos principalmente en el trabajo de Charles Jencks y Patrik Schumacher, dos de los autores más importantes y mediáticos en el ámbito de la arquitectura compleja. Sin duda la cantidad de discursos y planteamientos existentes dentro de esta vertiente serán muy numerosos, si bien se considera que las propuestas de Jencks y Schumacher son lo suficientemente amplias y representativas como para reflejar de manera certera lo que sería el desarrollo de la arquitectura compleja en su vertiente semántica.

Tal y como se indicaba en el primer capítulo de la tesis, Charles Jencks es uno de los primeros autores en establecer un vínculo directo y explícito entre la arquitectura, el paradigma de la complejidad y las herramientas digitales, por medio de la obra *"The Architecture of the Jumping Universe"* (1995). Este libro se convertirá en un referente fundamental para posteriores reflexiones y debates entorno a la naturaleza y el devenir de la arquitectura compleja, y es por ello que se considerará como una de las principales obras a analizar dentro de la presente tesis. La fama de Jencks, sin embargo, no procede tanto de esta obra como de sus trabajos previos en el ámbito de la teoría arquitectónica, que lo llevarán a ser considerado como uno de los teóricos más importantes del movimiento Postmoderno, gracias a la obra *"The Language of Post-Modern Architecture"* (1977). A lo largo del presente apartado veremos de qué manera se relaciona la idea de postmodernidad de Jencks con las actuales arquitecturas complejas, y cómo se integra todo esto dentro de una propuesta arquitectónica global.

El segundo gran protagonista de este capítulo será el arquitecto alemán Patrik Schumacher, colaborador durante muchos años de la arquitecta iraní Zaha Hadid y actual director de la oficina Zaha Hadid Architects (ZHA). Schumacher es el autor del libro *“The Autopoiesis of Architecture”* (a partir de ahora AoA), una vasta obra teórica en la que se sientan las bases del “Parametricismo”, una propuesta arquitectónica que refleja las ideas y reflexiones desarrolladas por el autor tras más de dos décadas de investigación tanto en el ámbito académico como profesional. A través de esta propuesta Schumacher tratará de plantear un nuevo programa de investigación global para la arquitectura, siempre desde la reivindicación de la dimensión comunicativa de la arquitectura como eje fundamental. A lo largo del capítulo veremos cuáles son sus principales postulados así como su posible impacto sobre el desarrollo de la arquitectura compleja.

A diferencia del capítulo anterior, en el que las propuestas de Alexander y Salingaros partían de un posicionamiento común, en este caso nos encontraremos ante planteamientos notablemente diferentes, en ocasiones incluso enfrentados entre sí: Jencks defiende una arquitectura de carácter simbólico, conectada con la historia reciente de la arquitectura y abierta a la diversidad y heterogeneidad de estilos y formas, mientras que Schumacher apuesta por un estilo rupturista y bien definido a nivel formal, un estilo preocupado por la legibilidad y la navegabilidad práctica de los espacios, más que por su dimensión simbólica. Nos encontramos pues ante dos posturas diferentes cuyo estudio nos proporcionará una visión amplia de las estrategias semánticas y su aporte al desarrollo de la arquitectura compleja.

Grupos de trabajo

Ambos posicionamientos teórico-prácticos están fuertemente vinculados al perfil de sus autores, a su influencia y carisma personal. Ellos son quienes se encargan de plantear discursos y programas de investigación globales, tratando de convocar y atraer hacia sí las propuestas de otros arquitectos y grupos de investigación.

La propuesta de Jencks, por ejemplo, puede considerarse como un trabajo curatorial, es decir, un trabajo en el que diferentes autores se agrupan y relacionan entre sí para generar un discurso global que revela búsquedas e inquietudes comunes dentro de un grupo de autores heterogéneo y en principio carente de vínculos explícitos. Dentro de este grupo se podrán encontrar autores tan diversos como P. Eisenman, F. Gehry, D. Libeskind, R. Koolhaas o incluso Zaha Hadid, cuya propuesta queda englobada también dentro del discurso de Jencks. Cabe señalar que no todos los autores aceptan los conceptos y categorías impuestas por Jencks (esto será especialmente evidente en el caso de Frank Gehry, que niega cualquier vinculación teórica en su trabajo, o en el caso de Hadid, tal y como se puede comprobar en la presente tesis), aunque evidentemente a ningún arquitecto le gusta que su trabajo sea encasillado y reinterpretado bajo nuevos parámetros. En todo caso, el discurso de

Jencks no se queda simplemente en un texto teórico sino que se convierte más bien en una invitación a seguir desarrollando ese tipo de arquitectura compleja, tal y como lo hará el propio Jencks a través de sus trabajos personales en el campo del diseño y el paisajismo.

En el caso de Schumacher pasará algo similar, aunque cabe señalar que la investigación en el campo del parametricismo cuenta con una infraestructura mucho más consolidada y potente tanto a nivel académico como profesional. Schumacher lleva años dirigiendo el AADRL (Architectural Association Design Research Laboratory) y desarrollando investigaciones entorno al parametricismo tanto en la Architectural Association como en numerosas facultades a lo largo del mundo (Harvard, Columbia, EHT Zurich...), así como a través de su práctica profesional con la afamada firma Zaha Hadid Architects. De este modo Schumacher ha conseguido elaborar una vía de trabajo propia a la que tratará de atraer y convocar a otros autores e investigadores que, pese a disponer de sus propias vías de trabajo, aceptarán colaborar puntualmente con Schumacher en algunas de sus exploraciones y publicaciones, destacando especialmente la revista AD Parametricism 2.0, en la que participan autores como Theodore Spyropoulos, Mark Burry, Achim Menges, Robert Stuart-Smith, etc. En definitiva, no se trata tanto de un grupo de investigación homogéneo o reconocido, sino más bien en suma de personalidades y trayectorias aunadas de alguna manera bajo una cierta filosofía común promovida por Schumacher y la Architectural Association.

5.1.2 Principios generales:

Dos maneras de concebir la comunicación arquitectónica: el relato realista de Schumacher y la metáfora crítica de Jencks

Para Schumacher, cualquier fenómeno arquitectónico es ante todo un fenómeno comunicativo. Siguiendo la estela teórica de N. Luhmann (ver capítulo 2 de la tesis), Schumacher afirmará que la arquitectura, al igual que cualquier otro fenómeno social, puede ser reducida a términos comunicativos: *“Forms are framing communications, functions are framed communications. All design is ultimately communication design”* (Schumacher, 2012; 10).

Schumacher otorga así un papel central a la función semántica de la arquitectura (Schumacher se refiere a ella como función semiológica), la cual entiende como un factor clave para que los edificios puedan ser leídos y comprendidos por los usuarios; solo así se podrá garantizar la funcionalidad y la utilidad social de la arquitectura. Así pues, Schumacher apuesta por una arquitectura que transmita mensajes objetivos y realistas sobre la propia configuración del edificio, sobre sus características espaciales y organizativas, sobre los usos que se desarrollan en su interior, etc. En definitiva, Schumacher opta por una comunicación útil y sistemática

que garantice la legibilidad del edificio: ése debe ser su propósito central, y no la comunicación de mensajes simbólicos “que nada tienen que ver con el verdadero funcionamiento de los edificios y los entornos urbanos”. Según indica el propio Schumacher, *“an important premise of the author’s re-foundation of architectural semiology is the necessity to limit the domain of the signified: Architecture does not symbolize everything, it does not tell us stories, it must only tell us what to expect within its bounds (or in its vicinity) ”*. (Schumacher, 2016 b).

Asimismo, Schumacher entenderá que la única manera de evitar estas asociaciones simbólicas es suprimiendo las soluciones y geometrías tradicionales, las cuales serán sustituidas por sistemas formales más abstractos y flexibles. En lugar de recurrir a formas preexistentes o clásicas, Schumacher busca transmitir mensajes comprensibles por todo el mundo a través de elementos formales nuevos; la idea es crear un lenguaje (universal) que todos entiendan pero que no haga referencia a ningún otro lenguaje previo conocido ⁴⁶. Más adelante veremos cómo se concreta esto a través de las leyes o “heurísticas formales” del Parametricismo.

Charles Jencks, por el contrario, pondrá el acento en la dimensión simbólica de la arquitectura, en su capacidad para transmitir mensajes y conceptos que van más allá de la mera realidad física y funcional del edificio. Según Jencks, la arquitectura es ante todo un reflejo de los valores y la cosmología propios de cada sociedad: *“When there is a change in the basic framework of thought, then there has to be a shift in architecture because this, like other forms of cultural expression, is embedded in the reigning mental paradigms”* (Jencks, 1998; 7). De esta manera Jencks abre la puerta a una comunicación semántica más amplia y conectada con el pensamiento y los valores de la época. Ya no se trata de desarrollar un relato realista y objetivo, sino de plantear una arquitectura crítica y abierta a la metáfora, al simbolismo, a la ironía, etc.

El planteamiento de Jencks abraza la diversidad de estilos y formas en arquitectura, entendiendo que es la única manera de reflejar los valores de una sociedad cada vez más heterodoxa y plural. Esto no quiere decir, sin embargo, que la disciplina arquitectónica viva necesariamente en el caos; el propio Jencks será uno de los autores comprometidos con la búsqueda de lineamientos y tendencias dentro de la historia reciente de la arquitectura, tal y como se puede comprobar en todos sus

⁴⁶ En semiótica se contemplan diferentes maneras de transmitir los significados a través de signos. Generalmente se distinguen tres tipos de signos:

- símbolos-> la relación entre el significante y el significado se basa en convenciones sociales.
- íconos-> la relación entre el significante y el significado se basa en la existencia de una semejanza formal entre ambos.
- índices -> la relación entre el significante y el significado se basa en la existencia de algún vínculo causal entre ambos, un vínculo que el observador debe inferir o deducir racionalmente.

Según Schumacher la arquitectura paramétrica debería potenciar este último tipo de comunicación: la arquitectura entendida como índice o conjunto de índices.

trabajos teóricos ⁴⁷. Así, en “*The Architecture of the Jumping Universe*” Jencks hablará de la existencia de un nuevo relato compartido, de una nueva iconología basada en las ciencias de la complejidad, cuyo origen vendrá dado por este cambio de paradigma en el pensamiento global. Jencks defiende así un encuentro entre la arquitectura y las leyes de la complejidad como punto de partida para un nuevo campo de experimentación en el ámbito del diseño arquitectónico.

5.1.3 Posicionamiento histórico

El ataque a la modernidad; una causa común

Tanto Jencks como Schumacher criticarán abiertamente la arquitectura y el urbanismo del Movimiento Moderno, entendiéndolos como el reflejo de un paradigma simplificador y mecanicista que la arquitectura contemporánea debe tratar de superar. Así pues, podemos decir que la crítica al Movimiento Moderno se convierte en el punto de partida para la construcción de ambos discursos, si bien cada uno de ellos planteará sus propias interpretaciones y alternativas.

En el caso de Jencks esta crítica queda fielmente reflejada en uno de los primeros capítulos de su obra “*The Architecture of the Jumping Universe*”, titulado “*Demonizing Modernism*”. Según Jencks, la ciencia moderna y su pensamiento cartesiano se han visto desplazados en las últimas décadas por una nueva manera de entender el mundo que obedece a los principios e ideas introducidos por las ciencias “postmodernas” de la complejidad ⁴⁸. Tal y como indica el propio autor, “*the new understanding of reality overturns the four great enslaving “isms” of Modernity: determinism, mechanism, reductivism, and materialism. The new concepts which have replaced them are emergence, self-organization, evolution by punctuated equilibria, and cosmogenesis- creativity as basic in the universe*” (Jencks, 1997; 125). Según Jencks, este cambio en los paradigmas mentales se verá necesariamente reflejado en el ámbito del diseño arquitectónico, dando lugar a nuevas metáforas y técnicas que permitirán articular un nuevo relato cosmológico.

Schumacher también aludirá al cambio en los paradigmas básicos del pensamiento, pero en lugar de enfocarse en aspectos de carácter trascendental y filosófico se centrará sobre todo en principios relacionados con los sistemas de producción y organización dentro de la sociedad actual. Para Schumacher, el Movimiento Moderno es el reflejo de un sistema de carácter fordista, basado en la industrialización y la estandarización, que en la actualidad se ha visto sustituido por un

⁴⁷ Jencks es un crítico de la arquitectura, y como tal centra su trabajo consiste en buscar lineamientos y relaciones entre tendencias a priori inconexas.

⁴⁸ Es habitual en los textos de Jencks encontrar el calificativo de “postmoderno” asociado a las ciencias de la complejidad, ya que éstas tienden a fomentar la superación del pensamiento cartesiano y contribuyen a establecer un nuevo paradigma de pensamiento.

nuevo contexto post-fordista en el que predominan los sistemas de fabricación no-estándar y la producción personalizada de productos. Esto quiere decir que los referentes de la arquitectura contemporánea ya no pueden/deben estar inspirados por la industrialización y la “estética de la máquina” (como sucedía en el caso de Le Corbusier y de otros maestros de la modernidad), sino por leyes más próximas al mundo de la naturaleza, la biología y la producción digital, lo cual nos lleva nuevamente a las ciencias de la complejidad como referente último.

Jencks y la reinterpretación de la arquitectura postmoderna

En lo que respecta al posicionamiento de sus respectivas propuestas con respecto a la tradición y la historia de la arquitectura, los discursos de Jencks y Schumacher volverán a mostrar posturas distantes: para Jencks la arquitectura compleja constituye una manifestación más de la “arquitectura postmoderna”, con toda su diversidad y variedad de manifestaciones, mientras que Schumacher interpreta la arquitectura compleja como un estilo evolucionado que tenderá a suplantarse a los estilos tradicionales para extenderse como un programa de investigación global guiado por los principios del “Parametricismo”.

Para Jencks, cualquier propuesta que plantee una alternativa crítica a los principios de la modernidad puede ser considerada como una manifestación de la arquitectura postmoderna. Tal y como indica el autor en la entrevista realizada para la presente tesis, *“Post-Modernism, as the “loyal opposition to Modernism,” or “Critical Modernism” will last with its ups and downs as long as its parent does – 100 more years?”* (Jencks, entrevista). La flexibilidad y amplitud del concepto de arquitectura postmoderna quedará perfectamente reflejado en las más de siete reediciones revisadas de la obra *“The Language of Post-Modern Architecture”*, una de las obras más relevantes de Jencks en la cual se describe la evolución del diseño arquitectónico desde comienzos de la década de 1970 (la primera edición del libro pertenece al año 1977) hasta la actualidad. Dentro de este amplio abanico temporal Jencks utilizará el concepto de “postmodernismo” para describir estilos arquitectónicos y tendencias muy diversas, tal y como puede comprobarse en el esquema adjunto. Jencks habla así de un “delta” en el que diversas tendencias se entrecruzan e interaccionan entre sí dando lugar a una arquitectura postmoderna diversa y heterogénea.

Dentro de este amplio abanico de posibilidades quedarán englobadas propuestas sumamente diversas, desde los movimientos historicistas de los 70 y los 80 hasta los actuales planteamientos vinculados a las ciencias de la complejidad. De hecho, Jencks hablará de dos grandes etapas dentro del desarrollo de la arquitectura postmoderna: “Complexity I”, representado por autores como Robert Venturi, Colin Rowe o Jane Jacobs, los cuales se aproximarán al concepto de complejidad de una manera relativamente intuitiva y basada generalmente en estrategias tipo “collage”; y “complexity II”, desarrollada bajo la influencia de las ciencias de la complejidad y caracterizada por el uso de conceptos y técnicas inspiradas directamente en esta

evoluciona hacia el concepto de “complejidad organizada”, siendo capaz de absorber la diversidad pero siempre dentro de unos parámetros de orden.

Tal y como veremos más adelante, el Parametricismo busca expresar la mayor cantidad de fenómenos posible a partir de formas siempre fluidas y continuas, logrando así las pretendidas dosis de libertad y orden que señala Schumacher. En cambio otros estilos recientes, como por ejemplo el deconstructivismo, aumentarán notablemente la libertad compositiva pero a costa de una desconexión cada vez mayor entre elementos, lo cual deriva en composiciones tendentes al caos y el desorden. Tal y como queda reflejado en la tabla adjunta, el Parametricismo se presenta como el estilo más avanzado dentro de este contexto evolutivo, convirtiéndose, según su autor, en el principal candidato para convertirse en el gran estilo dominante del s. XXI, al igual que lo hiciera el Movimiento Moderno durante la primera mitad del s.XX.

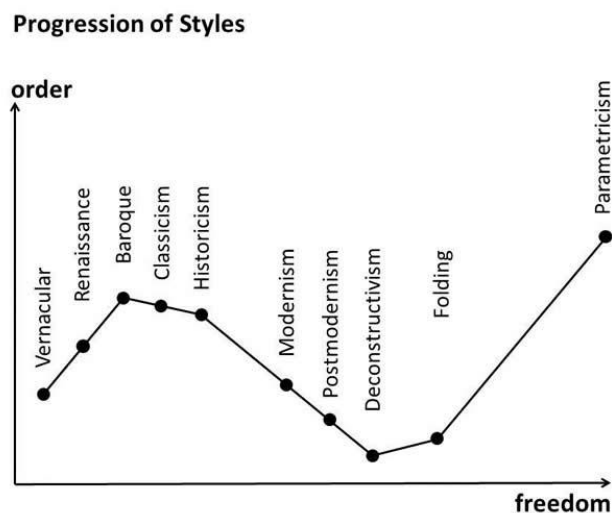


Figura 5.2_Esquema evolutivo de los diferentes estilos históricos.
Fuente: Schumacher, 2015a

La “guerra de estilos” que describe Schumacher no quiere decir, sin embargo, que el Parametricismo niegue aportaciones o contribuciones heredadas de otros autores y movimientos previos, como por ejemplo el “Folding”, promovido inicialmente por autores como Peter Eisenman, Jeff Kipnis o Gregg Lynn, los cuales serán reconocidos y citados como referentes fundamentales. Asimismo, Schumacher también reconoce otras fuentes de inspiración como por ejemplo los “Datascapes” de MVRDV o los experimentos formales de Frei Otto, si bien todas ellas se consideran como propuestas puntuales que solo adquirirán verdadera fuerza y sentido al ser integradas y reinterpretadas globalmente dentro del discurso parametricista. Posteriormente estudiaremos con mayor detalle cómo se integran estos antecedentes y cuál es su papel dentro de la propuesta de Schumacher.

5.2_POSICIONAMIENTO FRENTE AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD

Pese a la existencia de ciertos principios comunes, como la búsqueda de la “complejidad organizada” como característica fundamental del diseño arquitectónico, tanto Jencks como Schumacher manifestarán diferentes maneras de aproximarse y utilizar los conceptos y herramientas procedentes de la complejidad. En el caso de Jencks podríamos decir que las ciencias de la complejidad se convierten en el mensaje de la arquitectura, en algo que se desea comunicar y simbolizar, mientras que para Schumacher se convierte en un instrumento metodológico, en una guía para construir nuevos métodos de diseño. A continuación veremos con un poco más de detalle las implicaciones de cada una de estas posturas:

5.2.1 C. Jencks: la complejidad como tema para la comunicación arquitectónica

Para Jencks las ciencias de la complejidad ofrecen un nuevo argumento narrativo, una base sobre la que construir nuevas metáforas y experimentos formales. De hecho, la obra *“The Architecture of the Jumping Universe”* puede considerarse como un catálogo de analogías formales, estableciendo asociaciones/relaciones más o menos directas entre la forma de ciertos edificios y conceptos procedentes de las ciencias de la complejidad (fractales, atractores extraños, catástrofes, no-linealidad...). Para poder articular su discurso, Jencks estudiará las diferentes teorías vinculadas al paradigma de la complejidad, las cuales analiza y comenta apoyándose en citas y testimonios pertenecientes a algunos de los principales científicos vinculados al Instituto de Santa Fe, como por ejemplo Per Bak, Murray Gell-Mann, Benoit Mandlbrot, Ian Stewart, Stuart Kauffman, etc. Jencks demostrará así un amplio conocimiento de las ciencias de la complejidad, aunque siempre dentro de los límites posibles para alguien formado principalmente en el campo del diseño y la arquitectura.

Tal y como se puede comprobar en las imágenes adjuntas, el planteamiento de Jencks aboga por la pluralidad estilística y formal, demostrando que hay diferentes maneras de abordar y materializar la arquitectura compleja. Jencks tratará de integrar así diferentes posturas y estilos dentro de un mismo discurso, superando las confrontaciones y aparentes contradicciones entre estilos. Tal y como indica el propio Jencks, *“There is a basic direction of evolution towards increasing complexity, but it is attained through an oppositional process of gradual improvement and catastrophic change, continuity and jumps, smooth transitions and the Butterfly Effect. The universe story is fundamentally one of unpredictability and surprise. Architecture might therefore dramatize punctuated equilibrium, the optimism and tragedy; and it can do this through both juxtaposition and smooth continuity”* (Jencks, 1997; 167). Tal y como veremos más adelante, esto marca una notable diferencia con respecto a los postulados de Schumacher, centrados exclusivamente en las formas de carácter fluido y orgánico.

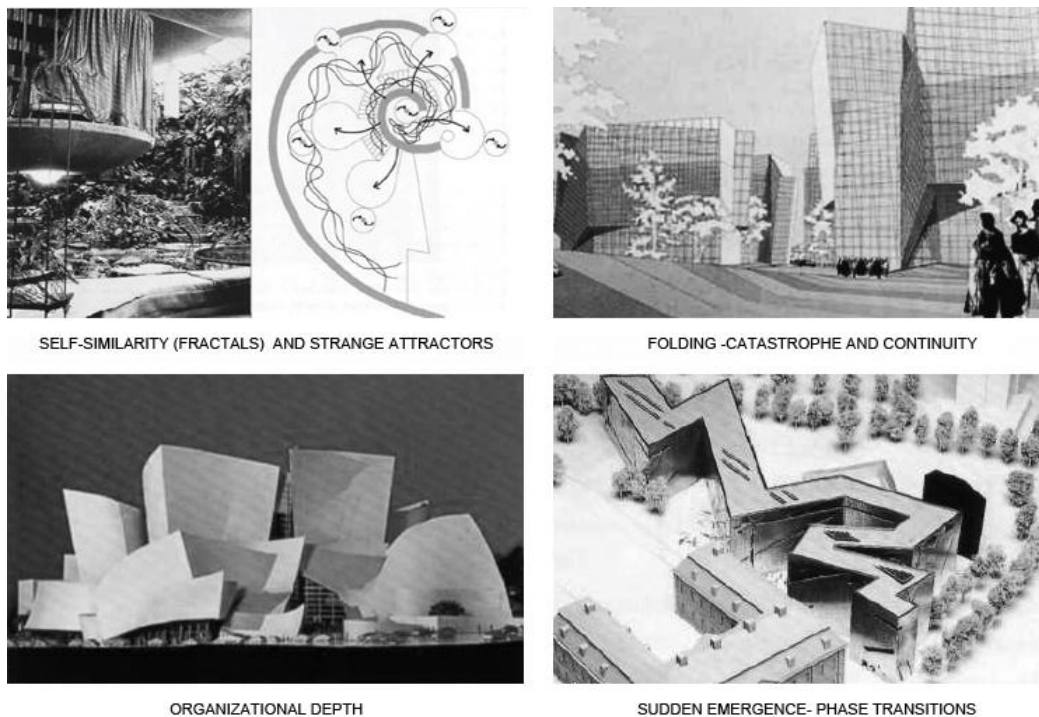


Figura 5.3_Ejemplos de algunas de las analogías formales planteadas por Jencks en la obra “*The Architecture of the Jumping Universe*”. Izda Arriba: Bavinger House de Bruce Goff. Izda. Abajo: Disney Concert Hall, de F.O. Gehry. Dcha Arriba: Nunotani Headquarters, Peter Eisenman. Dcha Abajo: ampliación del Museo Judío de Berlín, de D. Libeskind.
Fuente: Jencks, 1997

Será necesario señalar también que, pese a defender la libertad estilística y formal, Jencks apostará principalmente por aquellas tendencias vinculadas a la idea de “complejidad organizada”, es decir, por aquellos diseños arquitectónicos que no son simples pero tampoco excesivamente complicados o caóticos. Jencks trata de desmarcarse así del movimiento deconstructivista, al que acusa de promover el caos compositivo y de negar o invalidar cualquier tipo de metanarrativa arquitectónica ⁴⁹. Tal y como indica el autor, “*the post-modernism to which I belong- called variously “restructive”, “constructive” or “ecological”- contends that metanarratives have not ended but, rather, have become contested, and are seen now in their plurality*”. (Jencks, 1997; 25). Jencks apuesta así por aquellas arquitecturas que aspiran a construir una narrativa, a generar un relato coherente tanto a nivel semántico como formal, aunque siempre manteniendo una cierta tensión entre el orden y el caos.

⁴⁹ El deconstructivismo se basa en la relativización de los textos y los mensajes, invalidando cualquier tipo de relato coherente. Siguiendo esta misma filosofía, el deconstructivismo arquitectónico no confía en que la arquitectura pueda transmitir mensajes que vayan más allá de su realidad física, creando así formas vacías de contenido semántico. Jencks se opondrá a esta visión reclamando una arquitectura cargada de significados, una arquitectura que transmita mensajes cosmológicos.

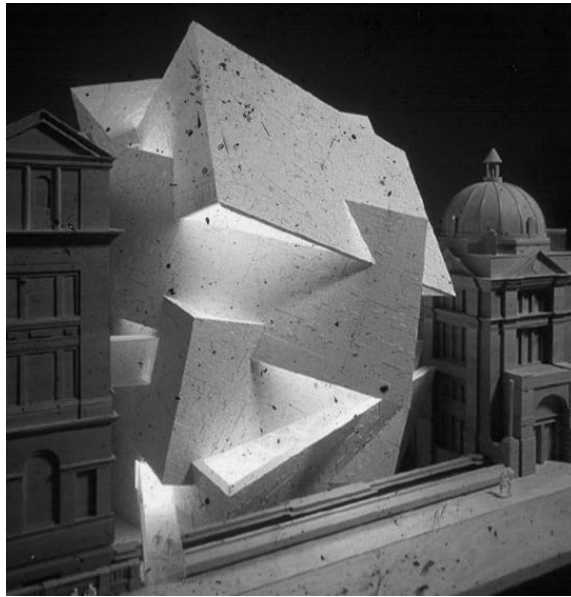


Figura 5.4_Proyecto para la ampliación del Victoria& Albert Museum en Londres. Pese a disponer de una forma aparentemente caótica, la geometría del edificio obedece a leyes generativas simples (de carácter fractal) que el propio Libeskind desarrollará en colaboración con el ingeniero Cecil Balmond. A esto se refiere Jencks cuando habla de un postmodernismo “constructivo” basado en leyes cosmogénicas.

Fuente: <http://www.balmondstudio.com/work/va-spiral-extension.php>

5.2.2 P.Schumacher: Autopoiesis y Sistemas Arquitectónicos

Según la teoría de Luhmann, la sociedad evoluciona hacia estados crecientes de complejidad organizada, lo cual quiere decir que cada vez existe un mayor número de sistemas y un mayor número de interconexiones entre los mismos. Para Schumacher, el desarrollo de un diseño arquitectónico debe seguir un proceso similar, evolucionando desde estados iniciales simples hasta resultados finales cada vez más complejos y ricos en matices y significados. Para ello plantea el uso de programas de diseño paramétrico, programas que permitan al arquitecto controlar las relaciones existentes entre todos los elementos del proyecto, pudiendo modificarlas, enriquecerlas y/o complejizarlas constantemente a lo largo del proceso de proyecto. Tal y como veremos en el próximo apartado, el software de diseño paramétrico constituye la herramienta ideal para poner en práctica esta filosofía de diseño.

El modelo paramétrico permite que el diseño arquitectónico se convierta en un sistema “vivo” y adaptable, un sistema autopoietico con sus propias leyes internas, dotadas asimismo de ciertos grados de libertad (parámetros variables) para adaptarse a las exigencias y requerimientos externos. La labor del arquitecto consistirá en conducir este sistema hacia estados crecientes de complejidad organizada, haciendo que el modelo incorpore cada vez mayores dosis de información, y que dicha

información se conecte de manera eficaz y precisa con los requerimientos tanto funcionales como comunicativos.

Tal y como veremos más adelante, Schumacher trabajará con formas continuas, formas orgánicas que evolucionan siguiendo un proceso constante de diferenciación, de modo que lo que al principio es una superficie continua simple, poco a poco se irá transformando en una entidad compleja que expresa gradientes, vectores, transformaciones direccionales, etc. los cuales obedecerán simultáneamente a una función utilitaria y también a una función expresiva, transmitiendo al espectador información sobre las características y singularidades que conforman el proyecto.



Figura 5.5_Composición elaborada a partir de imágenes extraídas del libro “The Autopoiesis of Architecture”, volumen II. A la izquierda se muestran varias imágenes de experimentos morfogenéticos realizados por Frei Otto, los cuales servirán como inspiración para el desarrollo de procesos digitales de form-finding que se utilizarán para definir el trazado vial del “Kartal Masterplan” diseñado por Zaha Hadid Architects para Estambul. A este script básico se irán añadiendo nuevos algoritmos que harán referencia a los volúmenes construidos, su configuración según la altura, etc. El modelo paramétrico se va enriqueciendo progresivamente para generar un diseño urbano “complejamente organizado”. Fuente: Schumacher, 2012

Schumacher llegará a establecer un paralelismo entre este proceso de diseño y el desarrollado por Frei Otto para sus estructuras ligeras, dado que en ambos casos el modelo inicial evoluciona y se adapta a los condicionantes del entorno de manera progresiva y armónica. En todo caso, el uso de las herramientas digitales contemporáneas posibilitará la inclusión de un número mucho mayor de parámetros y requerimientos, pudiendo llegar así a diseños mucho más complejos y ricos en el ámbito espacial, expresivo y semántico.

En definitiva, podemos decir que en el caso de Schumacher los principios de la complejidad se utilizan principalmente para idear y justificar un determinado proceso

de diseño, un proceso sistemático aunque al mismo tiempo abierto a múltiples aplicaciones posibles. La utilización de conceptos como el de autopoiesis permitirán a Schumacher conectar su proceso de diseño tanto con el mundo natural y biológico como con el social, dando lugar así a una teoría elegante y productiva a nivel proyectual, tal y como comprobaremos al estudiar sus obras.

5.3_INTERPRETACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DIGITALES

Tanto Jencks como Schumacher apuntan a las herramientas digitales como un recurso fundamental para el desarrollo de nuevos lenguajes arquitectónicos vinculados al paradigma de la complejidad. Tal y como indica Jencks, *“aided and abetted by the computer, it is much easier today to grasp the new paradigm, both conceptually and practically”*. (Jencks, 2002; 207).

5.3.1 Jencks y la defensa del nuevo contexto digital

Para Jencks, que durante décadas había teorizado sobre un entorno arquitectónico puramente analógico, la irrupción de las herramientas digitales marcará un importante hito, ya que dará pie a un nuevo universo de posibilidades en el ámbito de la experimentación geométrica y formal. De hecho, este nuevo escenario tecnológico impulsará el paso de “Complexity I” a “Complexity II”, al posibilitar experimentos formales más audaces y conectados con los principios de las ciencias de la complejidad. En todo caso, Jencks entiende las herramientas digitales como una ayuda para el desarrollo de la arquitectura compleja, y nunca como una obligación; la arquitectura compleja también puede desarrollarse a partir de métodos más tradicionales, como en el caso de Daniel Libeskind, cuyos proyectos nacen de bocetos y dibujos a mano alzada. Al igual que sucede con el tema de los estilos, Jencks defenderá la diversidad y la heterodoxia también en el ámbito metodológico, abriendo las puertas así a un amplio abanico de posibilidades.

A pesar de esta amplitud de miras, cabe señalar que la gran mayoría de los ejemplos estudiados por Jencks - en el contexto del “nuevo paradigma”- dependerán fuertemente del computador como herramienta de diseño. Dentro de los casos analizados destacarán propuestas de autores como F. Gehry y P. Eisenman, pioneros en la incorporación de las herramientas digitales al diseño arquitectónico, así como planteamientos más complejos desarrollados por autores formados ya en un entorno digital (Lars Spuybroek, Coop Himmelblau, etc.). Los textos de Jencks no suelen profundizar demasiado en los detalles relativos al proceso de diseño - lo más importante para el autor no es explicar el proceso de diseño sino analizar las formas finales y sus posibles asociaciones semánticas- aunque casi siempre se incluyen

apuntes o comentarios relacionados con las herramientas digitales y sus ventajas a la hora de posibilitar nuevos experimentos formales. Así, en el caso de Gehry se destacará el uso de las herramientas digitales para representar y construir formas complejas (e.representativas), en las obras de Lynn y Hadid se hará alusión a la capacidad para manipular formas fluidas de manera dinámica (e.paramétricas), mientras que en autores como Eisenman se destacará la capacidad generativa de las herramientas digitales: *“as Peter Eisenman has demonstrated, with the computer we can generate architecture which we do not understand beforehand or entirely control, we can grow patterns of nonlinearity- wave- forms that suddenly expand or shrink depending on the feedback”*. (Jencks, 1997; 13-14). Jencks defiende así la diversidad de métodos y estilos, evitando la imposición de dogmas y promoviendo un uso libre y productivo de las herramientas digitales.

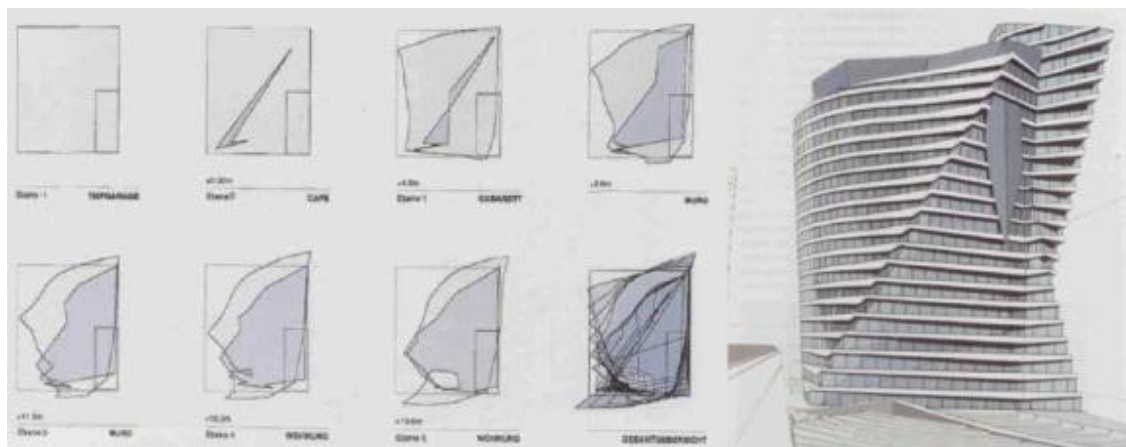


Figura 5.6_Eisenman utiliza las herramientas digitales para enriquecer sus ejercicios de sintaxis formal con geometrías y tramas más complejas, lo cual conduce en ocasiones a resultados difíciles de avanzar desde la pura intuición. En todo caso, Eisenman desarrolla este proceso sin adentrarse prácticamente en el campo de la programación, por lo que su método puede considerarse como un híbrido entre las estrategias representacionales y las generativas.

Fuente: Jencks, 1997; 141-142

5.3.2 Schumacher y las herramientas de diseño paramétrico

En lo que respecta a la propuesta de Schumacher, podemos decir que nace ligada a las herramientas digitales desde un primer momento, considerando la programación y las estrategias algorítmicas como un recurso fundamental para la construcción de una nueva metodología de diseño adaptada a los principios del Parametricismo. El objetivo de Schumacher consistirá en alcanzar un diseño “sistematizado”, un diseño en el que exista una correspondencia lo más clara posible entre los patrones formales y funcionales, un sistema regido por relaciones de carácter algorítmico. En palabras del propio Schumacher, *“The dream of the semiological project would thus be a single parametric model whereby the signifying*

relation would be instantiated via scripted correlations between the signifier and the signified within the parametric associative model (...)” (Schumacher, 2012; 250).

Schumacher reivindica así la importancia de las herramientas paramétricas de diseño, subrayando sus ventajas de cara a lograr diseños cada vez más complejos y con mayores dosis de información de manera sistemática y sin perder la capacidad de adaptación. Tal y como indicábamos en el capítulo 3, los modelos paramétricos son modelos altamente automatizados, de modo cualquier cambio en una parte del modelo conllevará el cambio de todas las partes relacionadas con ella de una manera casi inmediata.⁵⁰

Con respecto a relación entre los términos “Parametricismo” y “herramientas de diseño paramétrico”, será necesario hacer una importante aclaración: las herramientas de diseño paramétrico pueden utilizarse para desarrollar planteamientos arquitectónicos e intenciones estéticas muy diversas, siendo el Parametricismo de Schumacher una de tantas posibles opciones. Autores como M.Meredith, F. Moussavi, D. Davis (Davis, 2013), C Jencks (Jencks, entrevista) o el propio Schumacher⁵¹, en uno de sus artículos, confirmarán esta idea y subrayarán la importancia de diferenciar ambos términos, a fin de desvincular las herramientas paramétricas de cualquier tipo de estilo o dictado estético.

Asimismo, será necesario indicar que el parametricismo no está ligado exclusivamente al uso de software paramétrico, ya que Schumacher también contempla la posibilidad de utilizar herramientas de carácter algorítmico y generativo. De hecho, en su intento por lograr mayores grados de sistematización y coherencia, Schumacher tratará de aproximarse cada vez más a las estrategias de carácter generativo: *“in my design work I am now more and more trying to move away from the free-form play with complex curvature towards the disciplining use of structural form-finding algorithms”* (Schumacher, 2014).

⁵⁰ En la tesis doctoral de Daniel Davis se pone en cuestión la verdadera adaptabilidad de los modelos paramétricos frente a eventuales cambios, ya que esta adaptabilidad solo es efectiva cuando se mantiene la topología del proyecto. Cuando las relaciones topológicas entre las diferentes partes del proyecto cambian, el modelo queda prácticamente inservible. (Davis, 2013).

⁵¹ *“All styles can benefit from the advantage of maintaining design malleability during the design’s progressive resolution. Parametric design is thus equally applicable to all architectural styles and in this sense stylistically neutral”*. (Schumacher, 2016)

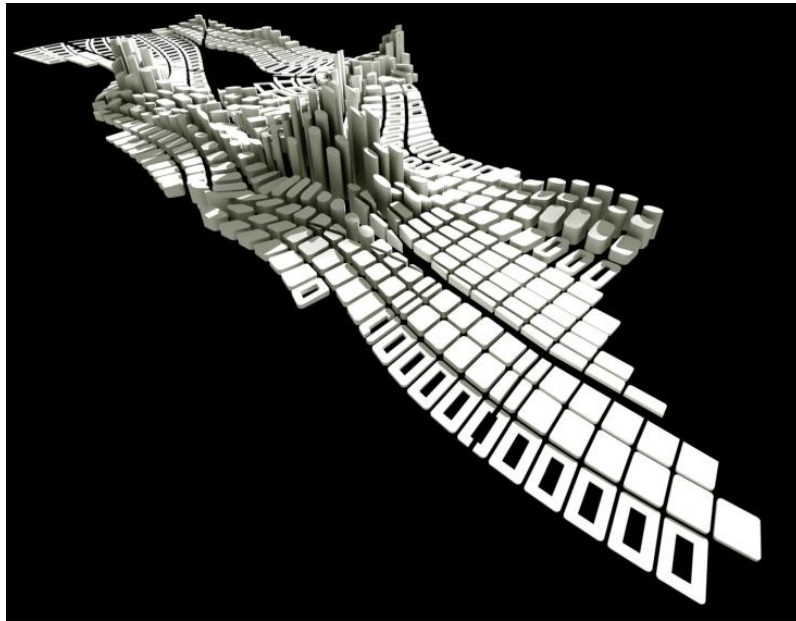


Figura 5.7_Ejemplo de uno de los diseños urbanos de ZHA/P.Schumacher, desarrollado a través de herramientas digitales paramétricas. La sistematicidad del modelo es evidente, pudiendo deducir claramente los parámetros, las relaciones y las transiciones que se producen en las diferentes zonas del modelo. Fuente: Schumacher, AD Digital Cities, pag. 12-13

Todo esto se verá reflejado claramente en el artículo *“Design Parameters to Parametric Design”* (Schumacher 2016), en el que Schumacher cita algunas herramientas de software empleadas en el desarrollo de sus diseños, destacando en primer lugar el software de diseño paramétrico “Grasshopper”, el cual complementará con diversos plug-ins destinados a ampliar sus funciones mediante la incorporación de nuevas capacidades de procesamiento algorítmico, como puede ser el caso de Kangaroo (simulación de fenómenos físicos, aplicables a procesos de form-finding), Karamba y Milipede (análisis y optimización estructural), Galapagos (algoritmos evolutivos para la resolución de problemas específicos), etc.

5.4_LA PROPUESTA DE PATRIK SCHUMACHER

5.4.1 Introducción

Patrik Schumacher es un arquitecto alemán, colaborador durante muchos años de la arquitecta iraní Zaha Hadid, y actual director de la oficina Zaha Hadid Architects (ZHA). Su trabajo profesional se complementa con la labor docente e investigadora en la Architectural Association, siendo fundador (junto a Brett Steele) y director durante años del Design Research Laboratory en la Architectural Association (AADRL). Schumacher también es conocido por su importante trabajo teórico, el cual se verá plasmado en la obra “The Autopoiesis of Architecture”, así como en infinidad de artículos y publicaciones, muchas de las cuales pueden ser consultadas en la página www.patrikschumacher.com. El libro “*The Autopoiesis of Architecture*” constituye el trabajo teórico más importante del autor hasta la fecha, ya que en él se explican de manera detallada los fundamentos del “Parametricismo”, el nuevo “gran estilo” que Schumacher propone como base para el desarrollo de la arquitectura contemporánea. A continuación analizaremos con mayor profundidad todos estos principios así como su traslación a diseños y casos prácticos:

Introducción a “La Autopoiesis de la Arquitectura” (AoA)

El libro “The Autopoiesis of Architecture” consta de dos volúmenes, publicados en los años 2010 y 2012 respectivamente. A través de las más de mil páginas que conforman esta vasta obra teórica, Schumacher desarrolla una doble tarea: por una parte plantea un estudio exhaustivo sobre la propia disciplina arquitectónica, analizando de manera novedosa los mecanismos y códigos que guían el desarrollo la disciplina; por otra parte, Schumacher se sirve de este marco conceptual para introducir su propio planteamiento arquitectónico, sentando así las bases del “Parametricismo” o “Estilo Parametricista”.

En el primero de los dos volúmenes que conforman AoA, titulado “*A New Framework for Architecture*”, Schumacher analizará la disciplina arquitectónica con el fin de descifrar y definir sus principales estructuras y mecanismos de funcionamiento interno. Para ello tomará como referencia la obra teórica desarrollada por el sociólogo alemán Niklas Luhmann, y más concretamente su “Teoría de la Sociedad”, de la cual extraerá numerosas ideas y conceptos que posteriormente serán aplicados al estudio de la arquitectura.

En el capítulo 2 de la presente tesis se han explicado ya las claves del pensamiento de Luhmann, presentando la sociedad como un gran sistema de sistemas, entre los cuales se encuentran el sistema político, el económico, el científico, el

artístico, etc. Según Luhman todos estos sistemas son de carácter autopoietico, es decir, que disponen de sus propias leyes y mecanismos de funcionamiento interno, los cuales analizará a lo largo de su obra teórica.

La tesis de Schumacher consistirá en incorporar la arquitectura como uno más de estos sistemas sociales, sometiéndolo al mismo esquema de estudio que Luhmann aplica al resto de sistemas. Esto dará lugar a un extenso trabajo de reflexión que derivará en el surgimiento de un nuevo marco conceptual para la arquitectura, un nuevo universo terminológico y conceptual que servirá para entender mejor los mecanismos que subyacen tras el fenómeno arquitectónico. Cabe señalar que la mayoría de los conceptos expuestos en AoA son de carácter universal, es decir, que pueden emplearse para estudiar cualquier tipo de estilo o propuesta arquitectónica, lo cual lo convierte en un importante aporte para el conjunto de la disciplina. Sin embargo, también cabe indicar que la mayoría de los apartados incorporan ciertos sesgos o matices que de alguna preparan el terreno para la posterior introducción de los principios del parametricismo.

	LEAD- DISTINCTION	(SOCIETAL) FUNCTION	PROGRAMME	TASKS
SCIENCE	Theory Vs Evidence	Generation of new knowledge	Paradigms, Scientific programmes	Explanation Prediction
EDUCATION	Teaching Vs Subject	Socialization, career selection	Curricula	Teaching Tesitng
POLITICS	Position Vs Issue	Make collectively binding decisions	Ideologies, Party programmes	Government Opposition
ECONOMY	Price Vs Value	Future provisions distribution	Business plan	Production Distribution
LEGAL SYSTEM	Norm Vs Fact	Stabilizing normative spectations	Constitution	Regulation Conflict resolution
MASS MEDIA	Report Vs Real event	Construction of public reality	Current topicality	Information Entertainment
MEDICAL SYSTEM	Disease Vs Symptom	Maintenance	Medical doctrines	Healing
ART SYSTEM	Expression Vs Intention	Social reflection and experimentation	Self- programming	Making another reality plausible
ARCHITECTURE	FORM Vs FUNCTION	FRAMING SOCIAL INTERACTIONS	STYLES	ORGANIZATION ARTICULATION

Figura 5.8_ Esquema de los diferentes (sub) sistemas sociales descritos por Luhmann y sus principales características. Cuadro elaborado a partir de la tabla elaborada por P. Schumacher en el libro "The Autopoiesis of Architecture". Pags. 438-439

5.4.2 Conceptos clave en la propuesta de P. Schumacher

A continuación explicaremos muy brevemente algunos de los conceptos e ideas clave desarrollados AoA:

La Autodemarcación de la arquitectura (Self-demarcation):

Todo sistema autopoiético es un sistema semi-autónomo, dotado de ciertas estructuras y mecanismos propios que lo diferencian del entorno y del resto de sistemas. Una de las tareas fundamentales de AoA consistirá pues en definir los límites del sistema arquitectónico, demostrando que dispone de sus propios códigos y sus búsquedas particulares, que serán diferentes a las de otros sistemas próximos como por ejemplo el arte o la ciencia. En la tabla adjunta quedarán reflejadas estas diferencias entre sistemas, demarcando así el ámbito de la disciplina arquitectónica.

Esto no quiere decir que el sistema arquitectónico sea completamente autónomo, ya que tal y como indica Luhmann, los diferentes sistemas estarán “acopados estructuralmente”, es decir, que se influirán e “irritarán” entre sí. Así pues el sistema arquitectónico podrá verse afectado por otros campos, aunque esto no quiere decir que las barreras se ellos se diluyan: cada uno seguirá manteniendo su propia estructura interna. La arquitectura podrá verse influenciada así por las teorías científicas, pero eso no la convierte en una ciencia: cada disciplina tiene sus propias funciones y objetivos. La función de la arquitectura no consistirá pues en encontrar las verdades del universo, como en el caso de la ciencia, ni en expresar realidades alternativas, como en el arte, etc. La función principal de la arquitectura, según Schumacher, consistirá en crear entornos (físicos) para que se las diferentes funciones sociales se puedan desarrollar adecuadamente (“framing social interactions”).

Esto refleja a su vez un compromiso constante entre forma y función, un compromiso que forma parte de la esencia de la disciplina arquitectónica (lead distinction). En lo que respecta a la manera de entender la relación entre ambas, Schumacher evita caer en posturas extremas, describiendo una relación de carácter recurrente o sistémico. En palabras del propio Schumacher, *“form follows function” and “function follows form” (...) both are self-simplifying formulae. Another way to control the double contingency of the design research situation is to operate via an integrative oscillation between formal and functional advances. This leads to the circular/oscillating formula “form follows function follows form”*. (Schumacher, 2010; 268).

Asimismo, para que las formas diseñadas por el arquitecto sean realmente útiles y funcionales no bastará con que su configuración se adecue a los usos previstos (“organization”), sino que además dicha configuración deberá ser legible, de modo que proporcione información útil a los usuarios acerca de las características y usos previstos en el edificio (“articulation”). Tal y como indicábamos al comienzo del

capítulo, para Schumacher la función comunicativa/semántica constituye uno de los puntos centrales de la labor del arquitecto.

Los estilos arquitectónicos como programas de investigación

Tal y como indica Schumacher, *“new styles might be interpreted and evaluated in analogy to scientific research programmes that are launched by new scientific paradigms, affording a new conceptual framework and offering a new direction for further research work”* (Schumacher, 2010; 278). Schumacher, por lo tanto, concibe los estilos arquitectónicos como programas de investigación, programas que van más allá de la mera imposición de criterios formales, incluyendo todo un nuevo universo de conceptos, métodos, herramientas, etc. Asimismo, para que la arquitectura avance Schumacher considera necesario que la comunidad arquitectónica trabaje entorno a búsquedas y objetivos comunes, y es por ello que reclama la existencia de un estilo dominante. Evidentemente Schumacher aprovechará esta idea para reivindicar el parametricismo como nuevo estilo dominante, invitando a la comunidad arquitectónica a sumarse a este programa de investigación. Tal y como veíamos en apartados anteriores, para Schumacher el Parametricismo es el estilo que mejor combina los conceptos de orden y libertad formal, y es por ello que se presenta como el candidato más apto para dirigir la investigación arquitectónica contemporánea.

Las heurísticas del Parametricismo

Según Schumacher la función de los estilos consistirá en proporcionar a los diseñadores ciertas certidumbres o directrices que les ayuden a la hora de tomar las decisiones de diseño, enfocándolos así hacia determinados horizontes de búsqueda. A lo largo del presente capítulo hemos visto cómo Schumacher plantea ciertas recomendaciones a nivel metodológico e instrumental, recomendaciones que se verán complementadas a su vez con ciertos criterios o “heurísticas” relativas a la manera en que el arquitecto debe considerar los aspectos formales y funcionales del proyecto. En la Figura 5.9 se recogen las principales heurísticas formales y funcionales, tal y como aparecen reflejadas en AoA.

En el presente cuadro podemos ver cómo se insiste nuevamente en el uso de las formas fluidas y continuas, formas que se entienden como un recurso clave de cara a lograr diseños “complejamente organizados”, es decir, capaces de absorber grandes cantidades de información manteniendo siempre la coherencia a nivel estético y comunicativo. En el próximo apartado veremos cómo ponen en práctica estas heurísticas formales, así como las heurísticas funcionales, las metodologías y las herramientas estudiadas a lo largo del presente capítulo.

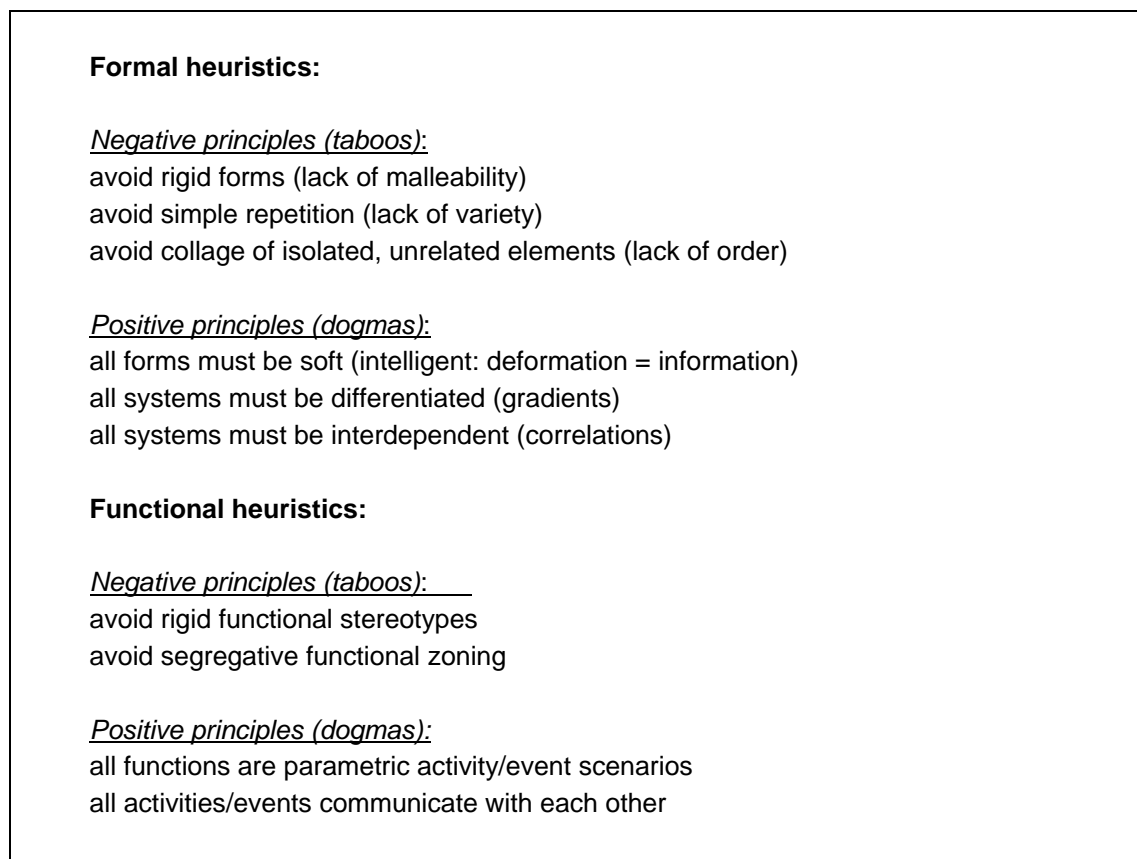


Figura 5.9_. Esquema en el que se exponen las heurísticas formales y funcionales del parametricismo. Fuente: Schumacher, 2015

5.4.3 Casos de estudio

El estilo parametricista se verá reflejado principalmente en las obras de la oficina Zaha Hadid Architects, dirigida por la arquitecta iraní Zaha Hadid (hasta 2016) y por el propio Schumacher, habiendo desarrollado proyectos a todas las escalas, desde el diseño de objetos hasta obras de carácter arquitectónico y urbano. El trabajo de exploración en el campo de la arquitectura paramétrica se completará a su vez con los proyectos y experimentos surgidos de los diferentes seminarios y talleres impartidos por Hadid y Schumacher en universidades todo el mundo, así como a través de obras desarrolladas por terceros autores, que de una manera más o menos directa se verán influidos por las ideas y la estética del parametricismo. A continuación estudiaremos algunas de las obras más relevantes y/o representativas en este ámbito, centrándonos principalmente en los trabajos desarrollados por ZHA.

Arquitectura Parametricista

Tal y como hemos visto a lo largo del presente capítulo, la arquitectura parametricista buscará crear entornos dinámicos y fluidos que sean capaces de responder a los requerimientos del proyecto manteniendo siempre un alto grado de coherencia formal y de legibilidad.

En lo que respecta a su implantación en el terreno, Schumacher propondrá intervenir desde la escala del territorio, es decir, desde la escala urbana más amplia posible, a fin de construir transiciones paulatinas que diluyan los límites entre paisajismo, urbanismo y arquitectura, integrándolos dentro de una misma lógica de proyecto. En las imágenes adjuntas se pueden observar diferentes maneras de aplicar esta idea, en función de las características específicas de cada contexto: en el Museo MAXXI, por ejemplo, el proyecto deberá integrarse en un entorno urbano complejo y constreñido, para lo cual se optará por introducir el espacio público dentro del diseño mediante la creación de espacios semicubiertos; en el caso del Centro Heydar Aliyev, por el contrario, será la arquitectura la que salga a conquistar el paisaje circundante mediante caminos y taludes que permitirán expandir los límites del diseño arquitectónico. Un tercer caso sería por ejemplo el del masterplan de Baku o el Dongdaemon Design Centre, en los cuales arquitectura y paisaje se entremezclan de una manera más directa e intrincada dando lugar a espacios de carácter híbrido.



Figura 5.10_Diferentes maneras de implantar e integrar la arquitectura paramétrica en el paisaje urbano. Izda. Arriba: Museo MAXXI. Izda Abajo: Heydar Aliyev Center. Dcha. Arriba: Baku Masterplan. Dcha. Abajo: Dongdaemon Design Centre.

Fuente: www.patrikcschumacher.com

En lo que respecta al diseño de estos paisajes paramétricos, la idea será crear scripts o esquemas paramétricos que permitan integrar y relacionar entre sí los diferentes elementos y sistemas que conforman el proyecto, dando lugar a formas coherentes y al mismo tiempo ricas en información. Schumacher hablará de una “totalidad fluida”: *“the concept of fluid totality conceives of the built environment as a correlated multi-system urban ecology where everything resonates with everything else”* (Schumacher, 2015b). Asimismo, para que estos “ecosistemas arquitectónicos” sean legibles y formalmente coherentes, Schumacher propondrá la “acentuación” de aquellos elementos o sistemas que dispongan de un mayor potencial expresivo, y la “supresión” de todos aquellos detalles o soluciones técnicas que puedan perjudicar la claridad y limpieza del mensaje. Nos encontramos pues ante un doble proceso de acentuación y supresión que obligará a jerarquizar el diseño y a depurarlo para que exprese exclusivamente aquellos aspectos que se consideren más relevantes. En la imagen adjunta se puede ver el ejemplo del MAXXI, con sus pasarelas negras que enfatizan los vectores de movimiento dentro del museo.

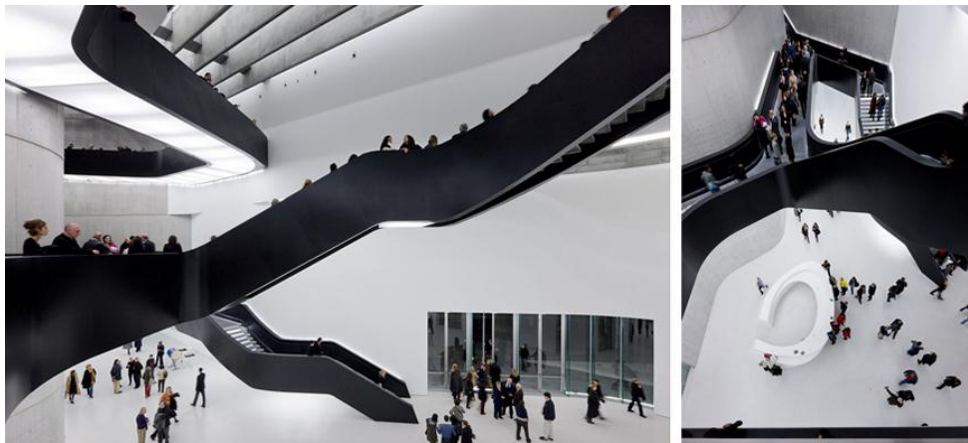


Figura 5.11_Museo MAXXI. Fuente: Schumacher, 2010 b.

Esta filosofía de diseño se verá claramente reflejada también en las torres y edificios en altura proyectados por ZHA, en los cuales se huye de la tradicional caja de vidrio para explorar soluciones más sofisticadas que permitan expresar las características estructurales y programáticas del proyecto. En las imágenes adjuntas, por ejemplo, se puede ver el diseño para una torre residencial en Miami, en el cual se ha decidido enfatizar el aspecto estructural a través de la creación de una exoestructura (acentuación). Dicha estructura, a su vez, se irá dividiendo y ramificando a lo largo de la altura de la torre, haciendo que su trazado se corresponda con la distribución y el tamaño de las diferentes unidades comerciales/residenciales de cada piso. De este modo se genera un diseño ordenado pero al mismo tiempo alejado de la estandarización y la repetición típicas de la arquitectura moderna; nos encontramos ante diseños que fomentan la diversidad y la diferenciación de los espacios, diseños más complejos y adaptados a los requerimientos de la sociedad post-fordista.

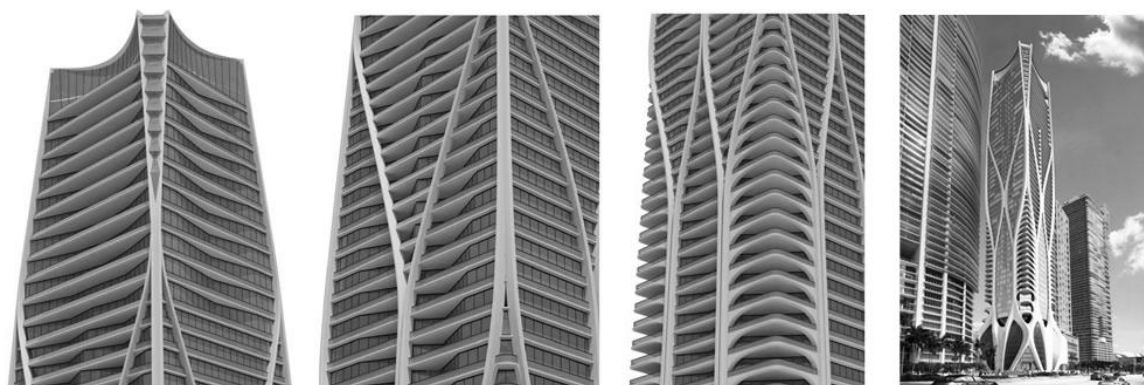


Figura 5.12_1000 Museum. Diseño para torre de usos mixtos en Miami, Zaha Hadid Architects.
Fuente: Schumacher, 2014b

Para finalizar indicar que, pese a la hegemonía de Schumacher y Hadid como principales promotores del parametricismo, existirán otros autores que de alguna manera darán continuidad a estas exploraciones, aunque siempre aportando sus propios matices y relajando notablemente la radicalidad impuesta por ZHA. Dentro de este último grupo podríamos citar por ejemplo a autores como Philp Yuan, director de la oficina Archi-Union Architects, que explorará la fusión del parametricismo con técnicas y materiales propios de los contextos locales en lo que sería una especie de “parametricismo regionalista” (Yuan, 2016). En la presente tesis no profundizaremos sobre estas posibles variantes, aunque será interesante dejar constancia de la existencia de este tipo de exploraciones alternativas.

Urbanismo Parametricista

Tal y como indica Schumacher, los principios del parametricismo pueden aplicarse a todas las escalas, desde el objeto hasta la escala urbana. En este último caso hablaremos de “Urbanismo Parametricista o Urbanismo paramétrico”, pudiendo encontrar diversos ejemplos en el trabajo reciente de ZHA, con propuestas para ciudades como Estambul (Kartal masterplan), Bilbao (Zorrozaurre masterplan) o Nueva York (Olympic Village, 2012), entre otras.

En estos proyectos se tratará de integrar todos los requerimientos y sistemas urbanos (trazado vial, usos de suelo, volumetrías construidas, etc.) dentro de un mismo esquema paramétrico, un esquema que garantizará la coherencia del conjunto tanto a nivel funcional como a nivel comunicativo, proporcionando entornos legibles y visualmente conectados. Según Schumacher, la única manera de evitar el caos visual predominante en las ciudades contemporáneas es adoptando un lineamiento común, un mismo programa de acción basado en las lógicas parametricistas. Según el propio Schumacher, *“in the absence of stylistic and methodological coherence we cannot*

expect the underlying programmatic order to become legible as a spatio-morphological order” (Schumacher, 2015). Nos encontramos así ante un planteamiento teóricamente plausible, aunque aparentemente difícil de llevar a la práctica, ya que los proyectos incluidos dentro de los masterplan deberán ser desarrollados por diferentes oficinas y grupos de arquitectos, lo cual puede poner en peligro la armonía y la legibilidad proclamadas por Schumacher. En todo caso, la mayoría de los planes urbanos diseñados por ZHA todavía están una fase temprana de desarrollo, por lo que su resultado y eficacia finales constituyen todavía una incógnita.

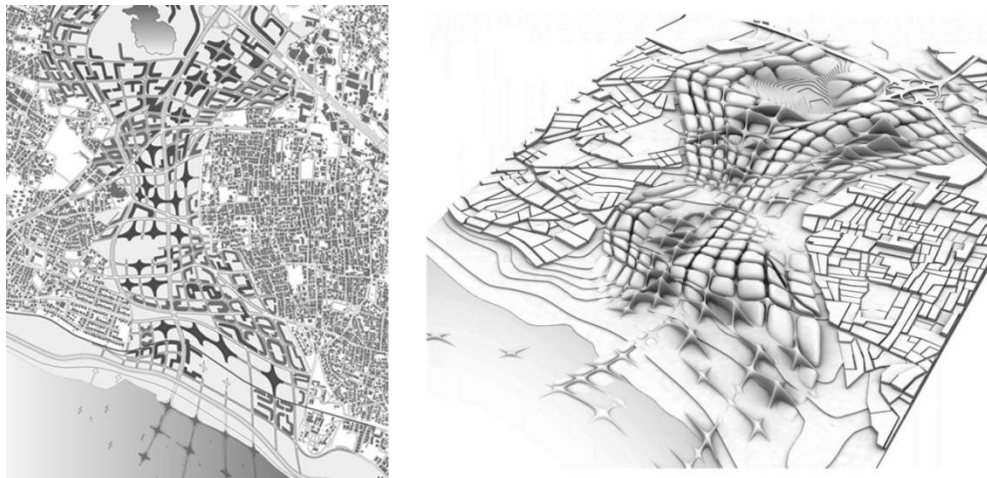


Figura 5.13_Kartal Masterplan, Estambul.

Fuente: <http://www.zaha-hadid.com/masterplans/kartal-pendik-masterplan>

En los últimos textos de Schumacher se puede comprobar una especial preocupación por esta aparente contradicción entre la rigidez geométrica del masterplan y la (necesaria) libertad creativa de los diseñadores, para lo cual planteará un nuevo tipo de diseño urbano más libre y adaptable que vaya evolucionando según las necesidades del momento. De esta manera Schumacher tiende a alejarse de los planes urbanos centralizados para abrir las puertas a un nuevo tipo de planificación más dinámica y cambiante que sea capaz de adaptarse a las necesidades del libre mercado. La idea es que cada diseñador pueda plantear sus propias premisas de proyecto, aunque siempre conectándose de una manera lógica y productiva con el script urbano. El objetivo es mantener la coherencia a nivel relacional, y no tanto en el ámbito de la forma. Tal y como indica el propio autor, *“each new architect/author can be uniquely creative in inventing and designing the rules/scripts of his/her project and participate in its own unique way in the build-up of a variegated, information-rich urban order (...)This process delivers rich diversity, yet fully correlated, if designed according to the heuristics of parametricism”* (Schumacher, 2016 e).



Figura 5.14_Ejemplo de plan urbano desarrollado a partir de diversos proyectos multi-autor, siempre siguiendo las heurísticas del Parametricismo. Propuesta para el “Istanbul Cultural District” desarrollado en los talleres de ZHA en la Universidad de Yale.

Fuente: Schumacher, 2016e

De esta manera Schumacher romperá con la tendencia tradicional de la planificación urbana, ya que en lugar de imponer una volumetría obligatoria y dentro de ella dar libertad para la diversidad estilística, plantea más bien lo contrario: mantener la coherencia estilística dejando libertad para articular las volumetrías que se consideren más adecuadas en cada caso. En opinión del autor de la presente tesis, nos encontramos nuevamente ante un planteamiento coherente aunque marcadamente utópico, si no distópico, ya que parece razonable dudar de las leyes del libre mercado como guía para lograr entornos urbanos realmente humanos y vivibles.

5.4.4 Valoración crítica

El Parametricismo es una estilo sugerente que ha dado lugar a algunas de las obras más mediáticas del último tiempo, aunque también será una vía de trabajo fuertemente criticada desde algunos sectores que cuestionan abiertamente su validez y su capacidad para convertirse en un estilo global. A continuación citaremos algunos de los principales argumentos críticos:

Aunque Schumacher pone constante énfasis en la necesidad de desarrollar un diseño de carácter sistemático (cuyos principios sean controlados y expresados a través de esquemas paramétricos), en realidad estos esquemas nunca se muestran en los proyectos de ZHA, y en la mayoría de ocasiones tampoco es fácil llegar a deducir cuáles son los parámetros utilizados. La mayoría de los proyectos parecen surgir más bien de juegos formales basados en la inspiración artística del autor, lo cual sugiere una metodología de proyecto alejada de los preceptos teóricos definidos por Schumacher. Asimismo, al no dar a conocer los parámetros empleados en las diferentes obras, se está perdiendo una excelente oportunidad para el diálogo y el

debate, para discutir sobre cuáles deberían ser los parámetros más importantes para la arquitectura en cada uno de los contextos, así como sus posibles relaciones. Esto se echa de menos especialmente en el caso de los proyectos urbanos, donde el debate sobre los diferentes factores y parámetros utilizados debería ocupar un papel central. Merecerá la pena citar aquí ejemplos como los datascapes desarrollados por el estudio holandés MVRDV, un referente explícito del parametricismo y un claro ejemplo de cómo manipular parámetros y ponerlos al servicio del debate público. Los proyectos de ZHA, sin embargo, tienden a obviar estos aspectos cayendo en un aparente formalismo que muchas veces parece difícil de justificar.



Figura 5.15_Imagen del Centro Heydar Aliyev, en la cual se puede comprobar su relación con el entorno urbano. Fuente: www.zaha-hadid.com

Las heurísticas del parametricismo, tal y como las define Schumacher, tienden a limitar la forma arquitectónica a geometrías continuas y de carácter orgánico, unas geometrías que en la mayoría de los casos generan un fuerte contraste con respecto a las formas existentes en la ciudad construida. Las obras fieles al parametricismo de Schumacher están destinadas a convertirse en objetos singulares que difícilmente lograrán mimetizarse con el entorno urbano que los rodea. En este aspecto cabrá destacar nuevamente la existencia de propuestas alternativas como por ejemplo el “parametricismo regionalista” (Yuan, 2016) promovido por P. Yuan, una vertiente formalmente más permisiva que busca integrarse en los contextos locales de una manera más sensible y respetuosa.

Anteriormente hemos visto cómo para lograr esta estética limpia y continua generalmente es necesario “suprimir” o borrar aquellos detalles y soluciones técnicas que distorsionen el mensaje transmitido por la arquitectura, es decir, que perjudiquen la integridad estética del diseño. Esto obligará en muchas ocasiones a ocultar soluciones convencionales, a camuflarlas a través de formas poco sinceras con la

verdadera naturaleza constructiva del edificio. Bien es cierto que parte del programa de investigación parametricista consiste en buscar soluciones técnicas que aúnen los aspectos estéticos y constructivos (lo cual puede verse en el desarrollo de experimentos con cascadas estructurales, etc.), aunque a día de hoy todavía está lejos de producirse una integración plena. Asimismo, la necesidad de respetar una estética tan estricta conducirá a un cierto sobrediseño arquitectónico, limitando así la espontaneidad y la adaptabilidad de los entornos construidos.

La adaptabilidad, de hecho, es uno de los aspectos más cuestionables del parametricismo. Durante el proceso de diseño, por ejemplo, se supone que el uso de esquemas paramétricos garantiza la adaptabilidad del modelo en todo momento, pudiendo modificar y actualizar el diseño en función de nuevas condiciones o requisitos. Autores como Daniel Davis, sin embargo, matizarán esta idea, indicando que los modelos paramétricos tienden en muchos casos a convertirse en herramientas poco flexibles, de modo que ciertos cambios en la topología del proyecto pueden llevar a rehacer nuevamente el modelo (Davis, 2013). Esto no quiere decir que las herramientas de diseño paramétrico sean inadecuadas, pero sí será necesario señalar sus limitaciones para evitar caer en suposiciones y teorías idealizadas.

Del mismo modo, una vez finalizado el proceso de diseño la supuesta adaptabilidad del diseño arquitectónico desaparece, ya que éste quedará cristalizado en su forma final, una forma generalmente singular y poco convencional que difícilmente aceptará cualquier tipo de intervención o modificación a posteriori. Tal y como indicábamos anteriormente, la arquitectura paramétrica suele tender al sobrediseño, y esto generalmente juega en contra de la flexibilidad y la capacidad de evolución. Tal y como indicaba R. Venturi, *“Nuestros edificios deben sobrevivir a la máquina de vender cigarrillos”* (Venturi, 2003; 66), y no queda claro que los diseños afines al parametricismo sean capaces de superar esta prueba.

Todos estos argumentos contribuirán a cuestionar los principios del parametricismo, así como su capacidad para convertirse en el gran estilo dominante del s. XXI, que es como lo presenta Schumacher en diversos textos (como por ejemplo en el “Manifiesto Parametricista”). Nos encontramos pues ante una actitud polémica y hasta cierto punto autoritaria que provocará fuertes críticas en aquellos sectores más comprometidos con la libertad y la diversidad de estilos, entre los cuales se encontrará por supuesto el otro gran protagonista de este apartado, el norteamericano Charles Jencks. En opinión del autor de la presente tesis, el parametricismo constituye un planteamiento sugerente y productivo para el desarrollo de nuevos experimentos arquitectónicos, pero limitar el campo de exploración a los límites marcados por las heurísticas parametricistas parece un ejercicio excesivamente simplificador y poco productivo para la evolución global de la disciplina.

5.5_LA PROPUESTA DE CHARLES JENCKS

5.5.1 Introducción

Charles Jencks es arquitecto, historiador y teórico de la arquitectura, habiendo difundido su ideas en diversos libros, artículos y charlas por universidades de todo el mundo (Architectural Association, Harvard, Columbia, Barcelona, Shanghai, etc.), convirtiéndose así en una de las figuras más influyentes en el mundo de la crítica arquitectónica contemporánea.

Tal y como hemos indicado anteriormente, la propuesta de Jencks nace de sus trabajos teóricos sobre la arquitectura postmoderna, reflejados principalmente en el libro *“The Language of Post-Modern Architecture”* (1977), si bien cabe señalar que estas ideas irán mutando y evolucionando constantemente para adaptarse a las nuevas tendencias y contextos arquitectónicos. Fruto de esta evolución discursiva surgirá la obra *“The Architecture of the Jumping Universe”* (1995), en la cual se incorporan los conceptos procedentes de las ciencias de la complejidad, presentándolos como un recurso clave para explicar y comprender gran parte de la producción arquitectónica contemporánea. Esta vinculación con respecto a las ciencias de la complejidad se convertirá así en una de las señas de identidad en el discurso de Jencks, que seguirá manteniendo este enfoque en todas sus obras posteriores, entre las cuales se pueden destacar libros como *“The New Paradigm in Architecture”*⁵² (2002), o *“The Story of Post Modernism”* (2012), entre muchos otros.

Para poder entender la propuesta de Jencks, por lo tanto, será necesario partir explicando algunos conceptos originados en sus primeras obras, conceptos que marcarán las bases de su pensamiento y su manera de estudiar la arquitectura a lo largo de toda su carrera. A continuación se exponen varios de estos conceptos básicos:

⁵² El libro *“The New Paradigm in Architecture”* es en realidad una reedición actualizada y ampliada de la obra *“The Language of Postmodern Architecture”*, a la cual se ha cambiado el título para enfatizar la importancia de este nuevo enfoque próximo a las ciencias de la complejidad.

5.5.2 Conceptos clave en la propuesta de Charles Jencks

Los significantes enigmáticos y la sobrecodificación de la arquitectura

El trabajo teórico de Jencks constituye una importante aportación a la crítica semiológica en arquitectura, habiendo desarrollado numerosos estudios sobre la interpretación de la arquitectura en clave lingüística. Esto quedará reflejado, por ejemplo, en obras tempranas como “Semiology and Architecture”, libro coeditado junto a G. Baird en el año 1977, así como en su obra maestra, “The Language of Post-Modern Architecture”, que en todas sus reediciones (más de 7, desde 1977 hasta la actualidad) presentará un capítulo exclusivo dedicado a este tema, titulado “The Modes of Architectural Communication”.

A través de estos textos Jencks reflexionará sobre la comunicación y la significación arquitectónicas, poniendo especial énfasis en los aspectos connotativos y simbólicos de la arquitectura. Para Jencks será importante que las obras traten de incorporar mensajes, metáforas, etc. de modo que la arquitectura se convierta en un objeto sugerente y evocador. Del mismo modo, Jencks se mostrará partidario de plantear metáforas sutiles, sugeridas: *“The more the metaphors, the greater the drama, and the more they are slightly suggestive, the greater the mystery. A mixed metaphor is strong, as every student of Shakespeare knows, but a suggested and mixed one is powerful”* (Jencks, 2002; 30). Jencks apuesta así por una arquitectura cargada de mensajes, una arquitectura sobrecodificada que sea capaz de promover múltiples lecturas y asociaciones.

A través de esta postura Jencks se desmarca de planteamientos como los de Venturi, que promovía la incorporación de mensajes unívocos y directos en sus “tinglados decorados”. Según Jencks este tipo de estrategias conducen a obras planas y carentes de misterio e interés, lo cual resulta en un empobrecimiento de la arquitectura. Además, los símbolos unívocos corren en el peligro de ser malinterpretados o ignorados por personas pertenecientes a diferentes contextos o culturas; este problema no existirá en el planteamiento de Jencks, ya que las obras se pensarán y diseñarán para favorecer precisamente la multiplicidad de lecturas, convirtiéndola así en un valor y no en un problema.

Esto no quiere decir que todas las obras analizadas por Jencks hayan sido concebidas de esta manera (muchas de las obras de Libeskind o de ARM, por ejemplo, han sido diseñadas a partir de metáforas concretas y claramente definidas por sus autores), pero sí se puede decir que el resultado final transmite de algún modo esta sensación de misterio, de significado profundo, que hace que el espectador se vea inmerso en el proyecto y trate de explorarlo. Esta misma sensación es la que invitará a Jencks a estudiar determinadas obras y a identificarlas con diferentes conceptos procedentes de las ciencias de la complejidad.

La forma arquitectónica como recurso expresivo. Heterogeneidad estilística.

Otro de los puntos en los que Jencks discrepa con Venturi es en la consideración de la forma arquitectónica como recurso para la comunicación arquitectónica. En la obra “*Aprendiendo de las Vegas*” Venturi arremeterá contra lo que denomina como “edificios pato”, criticando así los excesos formales en el diseño arquitectónico. Para Jencks, en cambio, la experimentación formal constituye un recurso fundamental para articular la comunicación arquitectónica, y por ello la sitúa en el centro de su programa. De este modo Jencks amplía nuevamente el campo de exploración de la semántica arquitectónica, abriendo las puertas a un programa de investigación amplio y rico en matices y posibilidades.

Esta apertura de miras afectará también al campo de los estilos, de modo que Jencks se muestra abierto a aceptar y considerar todo tipo de propuestas. De hecho, considera que la mezcla de diferentes estilos y sistemas formales es la única manera de poder dar respuesta a los requerimientos y condicionantes cada vez más complejos de la sociedad contemporánea. Tal y como indica el propio Jencks, “*mixed styles are an aid to communication, and as an architect must master at least three or four to articulate any complex building today. Social pluralism, as the post modern age has it, must be recognized by formal pluralism*” (Jencks, 2002; 49).

Jencks reconoce el pluralismo formal como un signo de la propia arquitectura postmoderna, un rasgo que aparecerá constantemente en su análisis de la arquitectura de las últimas décadas, incluyendo la denominada “arquitectura de la complejidad”. Tal y como se puede comprobar en el libro “*The Architecture of the Jumping Universe*”, los ejemplos estudiados presentarán estilos y características geométricas muy diversas.

5.5.3 Casos de estudio:

Conceptos y ejemplos vinculados a la “Arquitectura de la Complejidad”.

Manteniéndose siempre fiel a las premisas vistas anteriormente, hacia mediados de la década de 1990 Jencks introducirá un nuevo rumbo en su discurso, superando el postmodernismo de corte historicista para introducir una nueva visión basada en la conexión entre la arquitectura y las ciencias de la complejidad. Tal y como veíamos anteriormente, Jencks utilizará los conceptos procedentes de la complejidad para analizar las formas y discursos de la arquitectura icónica contemporánea, generando un discurso innovador y al mismo tiempo continuista con las principales ideas y conceptos acuñados en sus trabajos previos. A continuación estudiaremos algunos de los conceptos clave utilizados por Jencks para explicar los principios y tendencias que caracterizan a este “nuevo paradigma en arquitectura”:

Fractales

Jencks incorporará el concepto de fractal acuñado por Mandelbrot para hablar de una “arquitectura fractal”, la cual consistirá en el uso de geometrías y formas similares o recurrentes a lo largo de las diferentes escalas del proyecto. Esto hará que los diseños se caractericen por una cierta autosimilitud entre las diferentes partes y elementos que los conforman.

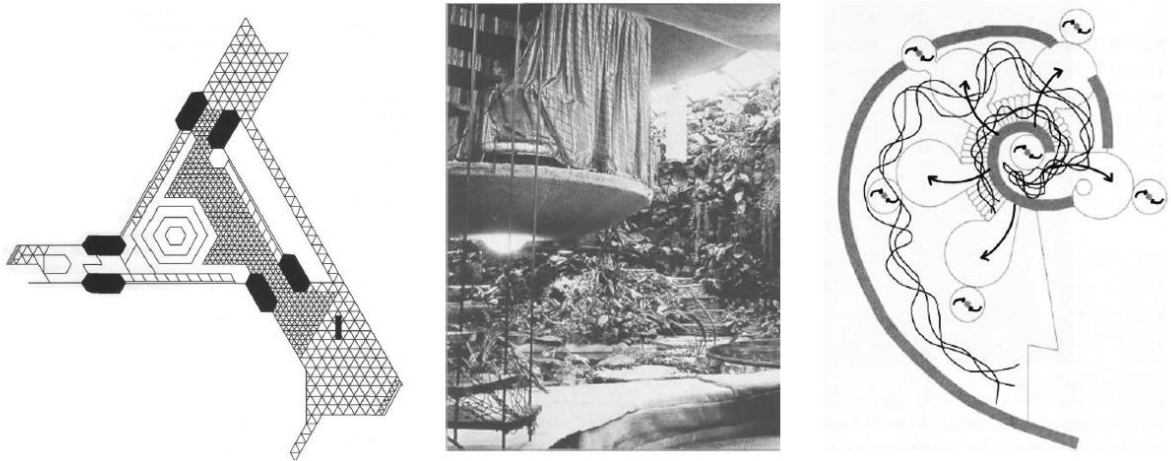


Figura 5.16_Proyectos diseñados por Bruce Goff. Izda. Joe Price Studio. Centro y Dcha. Bavinger House. Fuente: Jencks, 1997; 42,45

En la obra “The Architecture of the Jumping Universe”, Jencks cita al arquitecto estadounidense Bruce Goff como uno de los ejemplos más claros en la creación de una arquitectura de carácter fractal: *“Self-similar triangles, hexagons and trihexes organize his Price House - from the very large to the very smallest detail. Sixty degree angles, their multiplication and subdivision, recur in all sorts of forms and materials”* (Jencks, 1997; 44).

Cabe señalar que Jencks no se refiere a la creación de fractales matemáticamente puros o exactos, sino a fractales más similares a los presentes en la naturaleza, en los cuales las formas tienden a ser autosimilares pero no idénticas, de modo que siempre existe un margen para la variación y la generación de situaciones diversas. Esto puede verse reflejado por ejemplo en otro de los ejemplos citados por Jencks más recientemente: Federation Square, de LAB+Bates Smart. En este proyecto se puede ver claramente el uso de formas autosimilares, las cuales se articulan volúmenes y fachadas cambiantes y ricas en matices, combinando así coherencia y diversidad.

Cuando estas diferencias en la composición adquieren una direccionalidad o focalidad marcada, Jencks hablará de la presencia de “atractores extraños”, haciendo alusión una vez más a conceptos procedentes de las ciencias de la complejidad. Tal y

como se puede comprobar en la Bavinger House de Goff, la configuración en espiral influye sobre el resto de la composición generando a una fractalidad dirigida, conformada entorno a un polo de atracción.



Figura 5.17_. Federation Square. Melbourne, 1997-2002. LAB + Bates Smart.
Fuente: Jencks, 2012

Por último, señalar que Jencks utilizará el concepto de “arquitectura fractal” de un modo amplio e inclusivo, aplicándolo a todas aquellas obras que presenten ciertos rasgos de autosimilitud. Cabrá señalar aquí casos singulares como por ejemplo el museo “Guggenheim” de Bilbao, diseñado por F.O.Gehry, cuyas formas serán descritas por Jencks como “fractales fluidos”, aludiendo a una cierta similitud entre los diferentes volúmenes que lo conforman, a pesar de que su geometría sea relativamente libre y carente de un orden matemáticamente definido. Esto abre notablemente el espectro de obras que pueden ser asociadas a este concepto de “arquitectura fractal”, dentro de las cuales Jencks considerará trabajos como el Storey Hall de la oficina australiana ARM, la ampliación para el Victoria and Albert Museum de Libeskind, el Diamond Ranch School de Morphosis, etc.

Catástrofes y Continuidad (Folding)

Tal y como se ha expuesto en el segundo capítulo de la tesis, la “Teoría de Catástrofes” de René Thom demostrará que las transformaciones de los sistemas complejos pueden describirse a partir de superficies plegadas, estableciendo así un vínculo entre complejidad y topología. Este vínculo será explotado a su vez por autores como Gilles Deleuze, que a través de textos como “Le Pli” reflexionarán sobre el pliegue y su capacidad para abordar y reflejar la complejidad.

La obra de Jencks recogerá todos estos antecedentes, así como la influencia que estos ejercen sobre arquitectos como Peter Eisenman, Jeff Kipnis o Gregg Lynn,

padres del movimiento arquitectónico conocido como “Folding”. El folding consistirá en resolver los diferentes requerimientos del proyecto utilizando superficies continuas y fluidas, un movimiento que como hemos visto servirá de inspiración para el posterior desarrollo del Parametricismo de Hadid y Schumacher. De hecho, Jencks habla de una tendencia global que puede ser descrita o presentada bajo diversos nombres: *“adaptable, responsive, viscous, fluid, coherent, folded, emergent, parametric architecture”* (Jencks, 2012; 131).

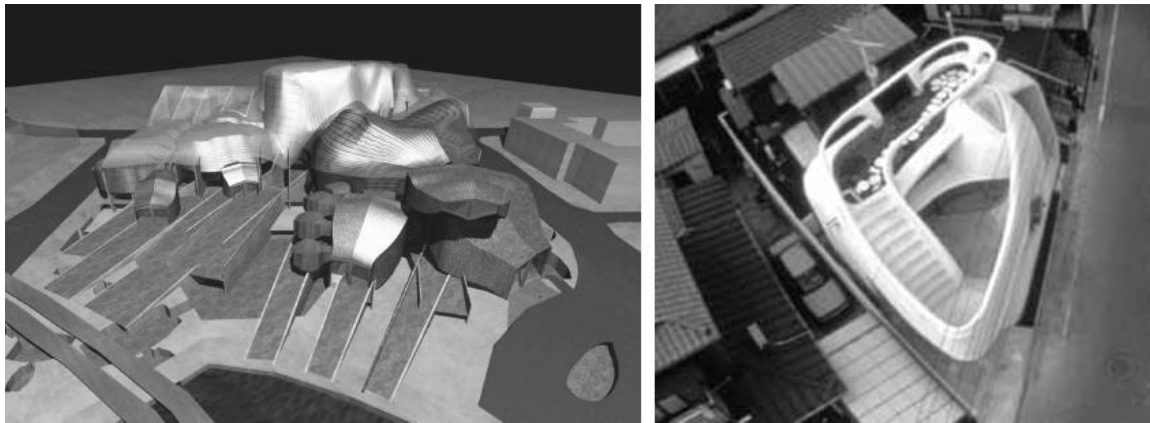


Figura 5.18_ Izda. Cardiff Bay Opera House, 1994 Greg Lynn. Fuente:www.glform.com
Dcha: Truss Wall House, Tokyo, 1990-1991. Ushida Findlay. Fuente: Jencks, 2002; 221.

En todos los ejemplos citados por Jencks se evidencia el uso de estas formas fluidas, que evidentemente marcarán una importante ruptura con respecto a las geometrías utilizadas tradicionalmente por la arquitectura. Tal y como indica Jencks, *“the blob grammar is contrasted with both Classical design and Post –Modern collage as being more flexible, amorphous, supple, fluid, incomplete, non-ideal and pliable”* (Jencks, 2002; 219). Dentro de los múltiples ejemplos asociados esta categoría podrán destacarse obras de autores como Gregg Lynn (Embryological House, Cardiff Bay Opera House), Ushida Findlay (Truss Wall House), Lars Spuybroek/NOX (H2O Water Pavilion), Will Aslop (Rotterdam Project), Zaha Hadid, etc.

Emergencia y Cambios de Fase (Sudden emergence and phase transitions)

Tal y como indicaba I. Prigogine, cuando un sistema se encuentra lejos del equilibrio es susceptible de experimentar fenómenos de autoorganización, produciéndose así cambios bruscos en la configuración del sistema. Tal y como indica Jencks, *“the sudden, spontaneous emergence of new organizations - unpredicted and underdetermined by the parts - is surely one of the most extraordinary aspects of the universe”* (Jencks, 1997; 60).

Para reflejar lo que podría ser la traslación del concepto de “emergencia y cambio de fase” al campo arquitectónico, Jencks recurrirá a la obra de Daniel Libeskind, una obra caracterizada por la presencia de fracturas, cambios de dirección y transformaciones abruptas. Dentro de los ejemplos citados por Jencks encontraremos el Museo Judío de Berlín, cuya planta en zig-zag expresa claramente esta voluntad de quiebre y ruptura.

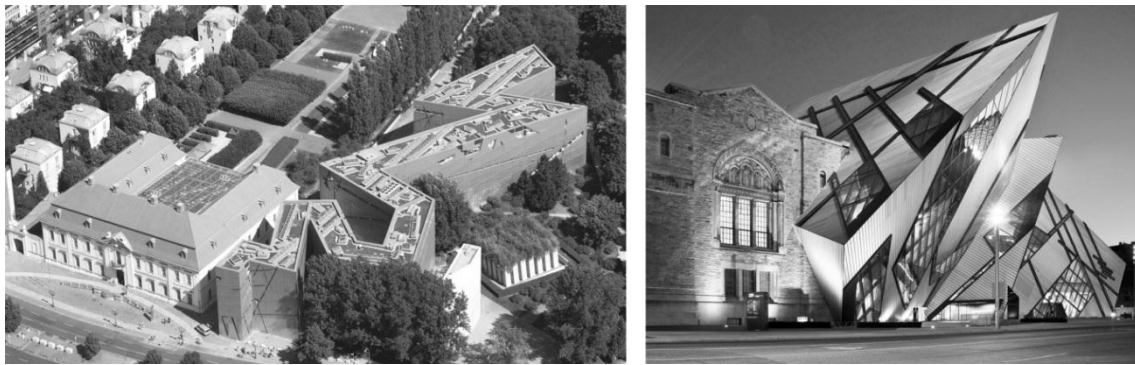


Figura 5.19_. Obras de Daniel Libeskind. Izda. Museo Judío de Berlín, Alemania, 1999. Dcha. Royal Ontario Museum, Canadá, 2007. Fuente: www.libeskind.com

Según Jencks la utilización de este tipo de lenguaje formal puede convertirse en un recurso válido para afrontar la complejidad del proyecto, para dar solución a situaciones o requerimientos complejos sin perder la coherencia estética y formal. Esto conducirá a una aparente contradicción entre los conceptos de emergencia y control, una paradoja que será abordada por el propio Jencks: *“the philosophical question is whether the architect can predetermine emergence- for that is what the client, in effect, demands. The answer is 'yes and no'. There must be an unpredictable emergent in a creative building (...) Great architecture exploits accident”* (Jencks, 1997; 63).

Organizational Depth

El concepto de “organizational depth” hará referencia a la existencia de múltiples conexiones o correlaciones formales entre los diferentes elementos que conforman el proyecto arquitectónico. Jencks utilizará este concepto para describir arquitecturas que, pese a su eclecticismo y diversidad formal, se entienden como un todo unitario, como un conjunto coherente e integrado. En definitiva, podemos decir que la organizational depth conduce en última instancia al concepto de “complejidad organizada”.

En el plano teórico Jencks hará referencia a obras como a *“City is not a Tree”* de Christopher Alexander (Alexander, 1965), el cual explica cómo establecer relaciones complejas entre los diferentes elementos arquitectónicos y urbanos, así como en el libro *“Complejidad y Contradicción en Arquitectura”*, donde Venturi especula sobre *“el compromiso por el difícil conjunto”* (Venturi, 2003; 141).



Figura 5.20. Museo Guggenheim Bilbao. Diseñado por Frank O. Gehry
Fuente: <http://www.architecturaldigest.com/gallery/best-of-frank-gehry-slideshow/all>

En el aspecto práctico, Jencks podrá como ejemplo diversas obras del arquitecto canadiense Frank O. Gehry, en las cuales se puede observar cómo geometrías de diferente naturaleza se entremezclan y relacionan entre sí generando composiciones complejas, difíciles de comprender a simple vista, pero que en su conjunto revelan un carácter unitario, holístico. Un claro ejemplo de esto puede ser el museo Guggenheim de Bilbao, en el cual se combinan formas cúbicas de piedra con volúmenes curvos acabados en metal y vidrio. Estos volúmenes, a su vez, serán todos diferentes entre sí, aunque de alguna manera guardan cierta similitud o resonancia formal que los hace trabajar como un conjunto. Este mismo efecto podrá observarse en otras obras de Gehry como por ejemplo el Museo Vitra o el Disney Concert Hall, entre otros. Por último, indicar que para Jencks, este tipo de edificios poseen un especial interés por su carácter enigmático y evocador, facilitando así la transmisión de mensajes y significados múltiples.

Otros conceptos

Acabamos de estudiar algunos de los conceptos clave utilizados por Jencks para explicar la arquitectura compleja, si bien en obras como *"The Architecture of the Jumping Universe"* se citarán muchos otros conceptos y categorías, como por ejemplo "waves and twists", "nonlinearity", "superposition", etc. En definitiva, lo que hace Jencks es crear un nuevo lenguaje, un nuevo universo conceptual para poder describir

las geometrías y tendencias formales presentes en las obras icónicas de la arquitectura contemporánea.

Cabrá señalar a su vez que todos los conceptos citados en el presente apartado están estrechamente relacionados entre sí, de modo que muchas veces los límites entre unos y otros se desdibujan. La fractalidad, por ejemplo, contribuye a mejorar la densidad organizativa, y por lo tanto ambas son prácticamente inseparables. Del mismo modo, Jencks hablará de la posibilidad de generar diseños continuos a partir de la sucesión de secciones transversales autosimilares (como en el caso de la terminal de Yokohama de FOA) (Jencks, 2002; 237), poniendo en relación así fractalidad y continuidad. Nos encontramos pues ante un universo conceptual versátil y flexible que se convertirá en una de las señas de identidad del trabajo de Charles Jencks.

Arquitectura “Cosmogenética”

Los conceptos aquí vistos servirán para establecer un vínculo entre la arquitectura y la ciencia, o dicho de otro modo, entre la arquitectura y las leyes que gobiernan nuestro mundo. En un momento en el que los símbolos y las iconografías compartidas (anteriormente representados por la religión, la mitología, etc.) son cada vez más débiles, Jencks advierte la posibilidad de construir un nuevo relato común basado en las leyes del cosmos. Jencks propone así trabajar en la construcción de nuevas metáforas basadas aquellas leyes comunes al hombre, la naturaleza, la sociedad y la arquitectura. En palabras del propio Jencks, *“if architecture must be oriented to nature and culture, then it also must have a larger orientation: the universe as a whole. Architecture has always had some cosmic dimension in traditional cultures”* (Jencks, 1997; 122). La alusión a los principios cósmicos es un rasgo presente en todas las arquitecturas antiguas, un rasgo que siempre ha ayudado a canalizar y focalizar la creatividad, y que puede recuperarse nuevamente dentro de una nueva perspectiva conectada con las necesidades y el pensamiento contemporáneo.

Jencks aplicará esta idea en sus propios diseños, reflejándola en pequeños encargos arquitectónicos, esculturas, muebles y especialmente en sus obras de paisajismo, entre las que destacarán por ejemplo el “Garden of Cosmic Speculation” (Dumfries, Escocia, 1989), “Landform Ueda” (Edimburgo, 1999-2002), “Spirals of Time” (Milán, 2002-20012), etc. En todos ellos se observa la utilización de geometrías y gestos formales análogos a los vistos en el campo de la arquitectura, a través de los cuales se generan paisajes cargados de metáforas y significados ligados a las leyes que rigen el funcionamiento del cosmos (leyes cosmogenéticas).



Figura 5.21. Obras de Charles Jencks. Izda. Proyecto paisajístico “Cells of Life”, Edimburgo, Escocia, 2003-2010. Dcha. “The Garden of Cosmic Speculation”, Dumfries, Escocia, 1989 .
Fuente: www.charlesjencks.com

Será necesario aclarar que Jencks no defiende una narrativa basada exclusivamente en la naturaleza, ya que en diversos textos plantea la necesidad de complementar estos relatos con gestos y alusiones al contexto urbano y social en el cual se insertan las obras. Jencks explicará esta idea de la siguiente manera: *“natural patterns should be criticised with our own narratives of hope and desire, because there is a duality between us and the universe. We come from nature, but we are also slightly separate from it by our ability to reflect, understand and transform it. Our relation to nature is quixotic and interactive. It is co-creative and therefore we need a kind of pattern language that builds in nature, on the one hand, and builds in our antithesis and critique, on the other”* (Jencks, 2004; 61). Tal y como se puede comprobar Jencks mezclará las metáforas cósmicas derivadas de la arquitectura compleja con la crítica social típica de la tradición postmoderna, dando lugar a un posicionamiento como siempre inclusivo y diverso.

Urbanismo: Arquitectura Icónica e “Individualismo Genérico”

La mayoría de los ejemplos estudiados hasta el momento son obras singulares, arquitecturas icónicas que generan hitos dentro del entramado urbano. Esto hace que la teoría de Jencks parezca en muchos casos una teoría parcial, una propuesta centrada en un pequeño nicho dentro de la disciplina, y por lo tanto incapaz de proporcionar un modelo válido para el conjunto de la ciudad. Esta idea será ratificada por el propio Jencks, que apuntará a la imposibilidad de establecer modelos globales en un contexto tan complejo y dinámico como el de la sociedad contemporánea.

Jencks describirá una vez más un contexto híbrido, impuro, en el que varios modelos y estilos conviven y se mezclan entre sí. En el artículo “Notopia: the Singapore paradox and the style of Generic Individualism” (Jencks, 2016), por ejemplo, Jencks describirá un contexto urbano caracterizado por la convivencia entre la

tradición moderna y la crítica postmoderna, una convivencia que se da en la mayoría de las ciudades contemporáneas. Jencks habla así del *“contradictory style of big, repetitive, anonymous, abstract, mass-produced boxiness of universal Modernism and the individualised, varied, plural, mixed, ornamented, iconic, evocative feeling-enigmas of Postmodernism”* (Jencks, 2016).

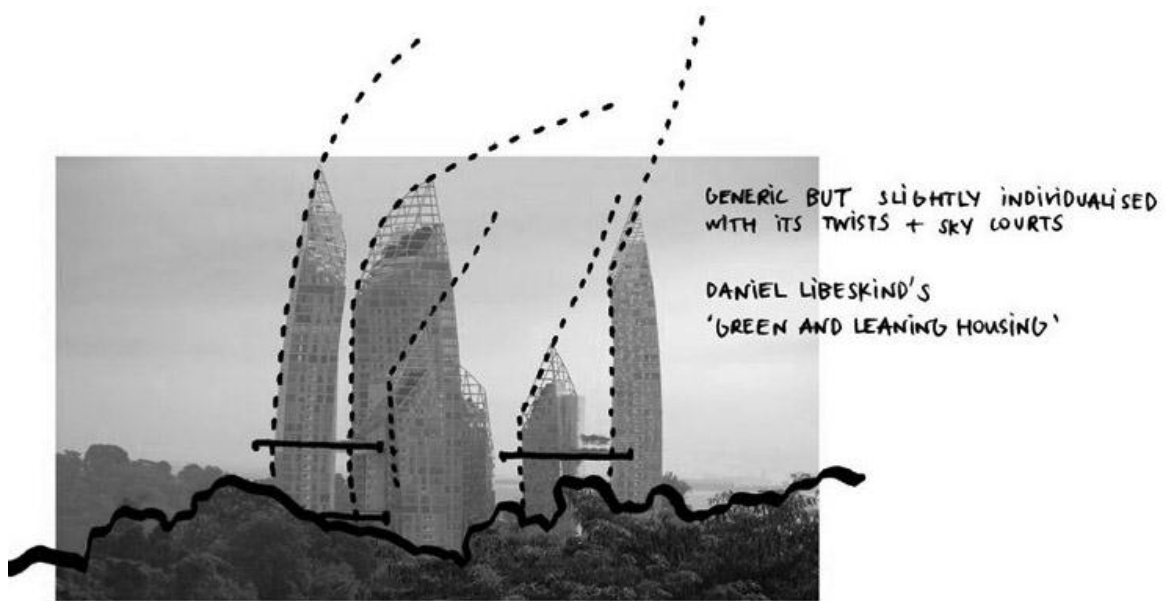


Figura 5.22. Imagen extraída del artículo “artículo “Notopia: the Singapore paradox and the style of Generic Individualism” (Jencks, 2016), en la cual se refleja la convivencia de rasgos típicamente modernos y matices postmodernos, dando lugar a lo que Jencks describe como “Individualismo Genérico”.

El estilo postmoderno se concibe así como una manera de escapar a la monotonía y la estandarización heredadas de la tradición moderna y que todavía siguen presentes en el contexto contemporáneo. De hecho, en la entrevista realizada para la presente tesis Jencks afirma que la arquitectura y el urbanismo actuales están todavía marcados por una actitud conservadora, fuertemente anclada en la tradición moderna: *“architecture is a very modernist and anti-complex profession: it is about “command and control” not “emergence and creativity”* (Jencks, entrevista). Esto, sin embargo, contrastará con el deseo de singularidad y diferenciación propias de la sociedad post-fordista, lo cual dará lugar a una situación paradójica y contradictoria que tendrá como resultado esta mezcla de estilos que Jencks denomina como “Individualismo Genérico”.

En opinión de Jencks, las obras derivadas de este individualismo genérico *“are still impersonal, and one reason is that there is no overall message for the distinctions to signify, no narrative to follow, no iconographic programme”* (Jencks,

2016). Su propuesta consistirá por tanto en superar esta tendencia para diseñar obras y entornos urbanos verdaderamente conectados con los valores y rasgos de cada contexto. Todavía hay mucho terreno por delante para el desarrollo del programa de la postmodernidad (dentro de la cual por supuesto se encuentra la arquitectura compleja), queda mucho camino por recorrer, aunque siempre de una manera libre y espontánea, sin necesidad de limitarse a modelos y directrices que encorseten la libre evolución del diseño arquitectónico y urbano.

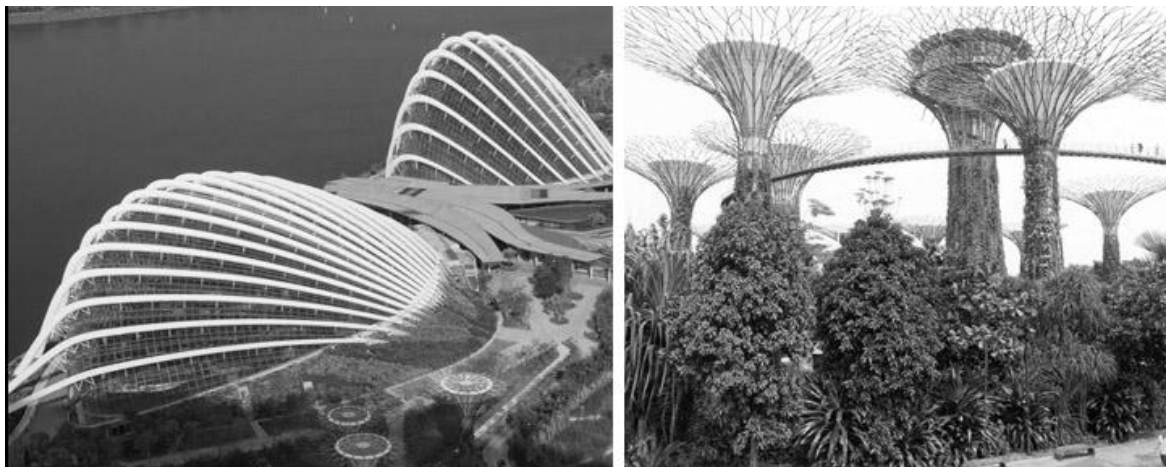


Figura 5.23_ Imagen extraída del artículo “Notopia: the Singapore paradox and the style of Generic Individualism” (Jencks, 2016), en la cual se muestra el proyecto para los jardines de la bahía de Singapur. Jencks pone esta obra como ejemplo de los que podría ser una arquitectura personalizada y dotada de significación semántica, una obra cuyas formas obedecen no sólo a requerimientos semánticos sino también técnicos y ambientales.

5.5.5 Valoración crítica

La obra de Jencks será una de las primeras en relacionar directamente la arquitectura con las ciencias de la complejidad, generando un antecedente que servirá como referencia para posteriores reflexiones y propuestas. El trabajo de Jencks será uno de los más citados, así como también uno de los más criticados, y es que cualquier nueva propuesta en el ámbito partirá generalmente con una revisión crítica del trabajo planteado por el arquitecto estadounidense. A continuación destacaremos algunos de los puntos más destacables de este movimiento crítico:

El planteamiento Jencks es considerado por la gran mayoría de autores como un enfoque excesivamente superficial de la arquitectura compleja, una aproximación centrada casi exclusivamente en la apariencia externa de los edificios, y que por lo tanto obvia muchas de las potencialidades asociadas a las teorías y herramientas de la complejidad. A diferencia de Schumacher, que a lo largo de los años ha ido tratando

de ampliar su teoría preocupándose por aspectos de carácter metodológico, constructivo, social, etc. Jencks siempre se ha mantenido fiel a una interpretación puramente semántica que lo mantiene en cierto modo ajeno a los aspectos técnicos y procesuales del diseño, abordándolos exclusivamente de manera anecdótica o superficial. Esto hace que el trabajo de Jencks se entienda en muchos casos como un ejercicio mediático más que como un verdadero análisis arquitectónico, ya que deja intactos muchos aspectos fundamentales de la disciplina.

Otro de los aspectos criticados será la falta de rigor en la utilización de los conceptos procedentes de las ciencias de la complejidad, una crítica habitual para muchos de los autores estudiados en la presente tesis, pero que se hace especialmente patente en el caso de Jencks. Su apego a la retórica y la metáfora le llevarán a utilizar los términos técnicos con cierta libertad, lo cual resulta reprochable para los sectores más próximos a las ciencias puras. Así, autores como N. Salingaros (formado en físicas y matemáticas) le acusarán de inventar términos, como por ejemplo el concepto de “fractales fluidos”, que Jencks empleará para describir algunas de las obras de Gehry. Con respecto a esto señalar que, si bien las críticas son fundadas, debemos tener en cuenta que el objetivo de la teoría arquitectónica no es hacer ciencia sino utilizarla como base para crear nuevos conceptos y ampliar los horizontes de la disciplina. En este sentido las propuestas de Jencks pueden considerarse razonables o al menos aceptables, según la opinión del autor de la presente tesis. La idea es mantener un cierto equilibrio entre el rigor conceptual y la exploración de nuevas posibilidades arquitectónicas, y Jencks se mueve con soltura en este ambiguo terreno.

Jencks también será acusado de ofrecer una imagen distorsionada de lo que sería la “complejidad organizada” en arquitectura, al presentar ejemplos excesivamente caóticos y frecuentemente vinculados a la tradición deconstructivista. Tal y como hemos indicado en el presente capítulo, Jencks defiende en sus textos la adopción de una actitud constructiva y coherente con el concepto de complejidad organizada, aunque siempre abogando por una “arquitectura al límite del caos”. Será nuevamente Salingaros el que acuse a Jencks de traspasar este límite (Salingaros, 2008), promoviendo diseños en los que el impacto y el espectáculo priman por encima de la armonía y la búsqueda de verdaderos patrones de organización compleja. Nuevamente nos encontramos ante un campo difuso y difícil de delimitar, aunque en este caso sí parece razonable reconocer ciertos excesos en la manera de abordar el tema.

5.6_CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Resumen

En el presente capítulo se han analizado dos posibles maneras de incorporar los conceptos y teorías procedentes del paradigma de la complejidad como base para construir discursos y vías de investigación centrados en la capacidad comunicativa y semántica de la arquitectura. Estas aproximaciones están representadas por los trabajos de Patrik Schumacher y Charles Jencks, autores de propuestas sumamente distintas entre sí aunque comprometidas en ambos casos con la promoción y el desarrollo de la dimensión semántica de la arquitectura.

En el caso de Schumacher, todo su discurso gira entorno al “Parametricismo”, un nuevo “estilo” propuesto por el arquitecto alemán y que se basa en la utilización de formas continuas capaces de adaptarse y variar progresivamente (entidades paramétricas) para expresar y dar solución a los diferentes requerimientos del proyecto. El objetivo de Schumacher es que los diseños arquitectónicos incorporen la mayor cantidad de información posible acerca de sus propias características programáticas, tectónicas, etc. manteniendo al mismo tiempo la armonía y la unidad compositiva, dando lugar a una arquitectura “complejamente organizada”. Este discurso estará directamente influenciado por los conceptos e ideas procedentes de la sistémica y del paradigma de la complejidad, quedando directamente reflejado en el título de su principal obra teórica, *“La Autopoiesis de la Arquitectura”*.

El discurso de Jencks, en cambio, estará más centrado en la capacidad simbólica y evocadora de la arquitectura, promoviendo lecturas y significados que vayan más allá de la mera realidad física del edificio. Jencks defiende una arquitectura que comunique los valores e ideas predominantes en cada época, y es por ello que promueve el acercamiento a los conceptos y principios de las ciencias complejas. Las ciencias de la complejidad se convierten así en el mensaje de la arquitectura, un mensaje que inspirará diferentes tipos de diseños y de experimentos formales, muchos de los cuales quedan reflejados en la obra *“The Architecture of the Jumping Universe”*. Tal y como se puede ver en estos ejemplos, Jencks defiende la heterogeneidad formal y la convivencia de diversos estilos de manera simultánea, entendiendo que es una de las características propias de nuestro contexto postmoderno.

Tal y como ha quedado demostrado en el presente capítulo, los conceptos y principios de la sistémica y la complejidad constituyen una importante fuente de inspiración para el desarrollo de nuevas estrategias semánticas, dando lugar a un entorno de trabajo productivo y diverso.

Comentarios Generales

Posturas Encontradas y/o Complementarias

Sin duda este ha sido un capítulo de contrastes y comparaciones, un capítulo cargado de ideas contrapuestas pero también de ciertos espacios de consenso, algunos de los cuales quedarán reflejados en la siguiente tabla resumen:

	CHARLES JENCKS	PATRIK SCHUMACHER
POSICIONAMIENTO GENERAL	COMUNICACIÓN SEMÁNTICA PROTAGONISTA	
	METÁFORA CRÍTICA	RELATO REALISTA
POSICIONAMIENTO HISTÓRICO	CRÍTICA AL MOVIMIENTO MODERNO	
	REINTERPRETACIÓN ARQ. POSTMODERNA	NUEVO ESTILO: PARAMETRICISMO
C.COMPEJIDAD	LA COMPLEJIDAD COMO TEMA ARQUITECTÓNICO	LA COMPLEJIDAD COMO RECURSO METODOLÓGICO
HERRAMIENTAS DIGITALES	PLENA CONFIANZA EN LAS POTENCIALIDADES DE LAS HERR. DIGITALES	
	ENFASIS EN MÉTODOS. REPRESENTACIONALES	ENFASIS EN MÉTODOS PARAMÉTRICOS
CONSIDERACIONES ESTILÍSTICAS	IMPORTANTE EXPLORACIÓN FORMAL	
	DIVERSIDAD DE ESTILOS, HETEROGENEIDAD	PARAMETRICISMO ESTILO DOMINANTE. HEURÍSTICAS

Figura 5.24_Tabla comparativa entre la propuesta de Charles Jencks y la propuesta de Patrik Schumacher. Fuente: Jon Arteta

La importancia de la investigación y la innovación formal

Dentro de los aspectos comunes a ambas tendencias merecerá la pena destacar la importancia otorgada a los aspectos formales. Tal y como indica Schumacher, *“I will argue for the necessity of investing in formal research and innovation. This also entails the necessity of the elaboration of formal concepts and an attendant terminology for formal analysis”*. (Schumacher. 2016d). Sin duda la contribución de Jencks y Schumacher a este ámbito será notable, y es que los aspectos formales constituyen uno de los puntos centrales de la comunicación arquitectónica. Cabe señalar que todas las vertientes abordarán con mayor o menor profundidad el tema de los lenguajes y repertorios formales, aunque sin duda la vertiente semántica es la que mayor énfasis pone en este aspecto.

La ciencia al servicio de la expresividad

A diferencia del resto de vertientes, en las cuales se tiende a priorizar el rigor científico y matemático, en la vertiente semántica se plantea una aproximación más libre y abierta a la expresividad y la comunicación artística. En el caso de las estrategias semánticas las ciencias de la complejidad constituyen simplemente una base o estímulo intelectual que sirve para inspirar y canalizar discursos con un alto componente subjetivo. Esto no quiere decir que los aspectos técnicos o científicos queden apartados, pero éstos quedarán supeditados en todo momento a los objetivos discursivos y comunicativos. En la tercera parte de la tesis discutiremos con mayor profundidad sobre la relación existente entre las aproximaciones de carácter “científico” y las aproximaciones de carácter “artístico” en el ámbito de la arquitectura, al confrontar y comparar entre sí las propuestas derivadas de las diferentes vertientes.

Otra de las consecuencias de este enfoque “artístico-expresivo” es que en muchos casos se tenderá a criticar y cuestionar la coherencia y sinceridad de sus discursos, al no existir una correspondencia lineal y unívoca entre los planteamientos teórico-científicos y los diseños derivados de los mismos. Esto estará apoyado a su vez por hechos como la ausencia de conexiones claras entre los modelos paramétricos y las formas finales resultantes, en el caso de Schumacher, o la discrepancia mostrada por algunos autores respecto a la interpretación que se da a sus obras, en el caso de Jencks. Los argumentos críticos parecen pues razonables, aunque también hay que tener en cuenta que la arquitectura no es una ciencia exacta, y que gran parte de su encanto y misterio residen precisamente en esta componente de subjetividad y libertad expresiva. En opinión del autor de la tesis, las posibles críticas o carencias asociadas a estos discursos no quitan para que sean planteamientos dignos de estudio y consideración, ya que finalmente han servido para sustentar y apoyar algunas de las obras más destacadas y celebradas de la arquitectura contemporánea.

CAPITULO 6_ ESTRATEGIAS SOCIALES

6.1_PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO GENERAL

6.1.1 Introducción a las Estrategias Sociales. Fundamentos y autores de referencia

Las “Estrategias Sociales” estudiarán la relación existente entre la arquitectura y los fenómenos sociales que en ella acontecen, vinculando ambos a través de nuevas teorías y métodos procedentes de las ciencias de la complejidad. La idea es descubrir las lógicas socio-espaciales que rigen el funcionamiento de los entornos arquitectónicos y urbanos, con el fin de poder analizarlas y aplicarlas a en la resolución de problemas prácticos. Nos encontramos pues ante un enfoque con tintes científicos, aunque comprometido al mismo tiempo con el ámbito del diseño y la planificación.

En el segundo capítulo de la tesis se han introducido algunas de las principales propuestas surgidas entre los años 60 y los 80 en el ámbito de las estrategias sociales, presentando así una vía de investigación que se verá impulsada notablemente por la aparición de las teorías de la complejidad y las herramientas digitales. Tal y como indica J. Portugali, *“what some two and a half decades ago was a narrow stream of studies – written mainly by physicists applying theories from physics – has now become not a flood but an established interdisciplinary research domain engaging urban geographers, planners, urban designers, regional scientists, mathematicians, physicists among others”* (Portugali, 2012). Portugali hablará así de un nuevo campo de estudio transdisciplinario, al que denomina “Complexity Theories of Cities”.

Nos encontramos pues ante un campo de estudio sumamente amplio, aunque en la presente tesis nos centraremos principalmente en aquellas propuestas y vías de trabajo más directamente vinculadas al ámbito de la arquitectura y de la planificación urbana. Por ello prestaremos especial atención al trabajo de grupos como el “Space Syntax Laboratory”, fundado y dirigido por Bill Hillier, o el “Center for Advanced Spatial Analysis” (CASA), liderado por Michael Batty, ambos pertenecientes a la Bartlett School of Architecture and Planning, en el University College de Londres (UCL). Estos dos equipos constituyen la vanguardia en la investigación de los fenómenos urbanos y socio-espaciales, desarrollando propuestas diferentes pero complementarias y coherentes entre sí, las cuales revelan la existencia de un campo de investigación compartido.

El desarrollo de las “estrategias sociales” (vinculadas al paradigma de la complejidad en arquitectura) estará apoyado a su vez por las aportaciones de muchos otros autores y grupos de investigación, como por ejemplo el “MIT Senseable City Lab”, liderado por Carlo Ratti; el Instituto de Santa Fé, con investigadores como Luis Bettencourt y Geoffrey West; Juval Portugali, director del Environmental Simulation Laboratory (ESLab) en la Universidad de Tel Aviv; Nikos Salingaros, autor del libro “*Principles of Urban Structure*”; Stephen Marshall, colega de Hillier y Batty en el UCL; Carlos Reynoso, autor del libro “*Análisis y Diseño de la Ciudad Compleja*”, etc.

6.1.2 Principios generales

Un enfoque científico para comprender los principios socio-espaciales de la arquitectura y la ciudad

En primer lugar será necesario subrayar la importante vinculación existente entre la estructura física de la ciudad y las dinámicas sociales que se producen en la misma. Ambos aspectos están íntimamente ligados, y por lo tanto deberían considerarse y estudiarse de manera conjunta. Tal y como indica Bill Hillier, “*cuando se mira bien la ciudad es dos cosas: una gran colección de edificios vinculados mediante el espacio, y un sistema complejo de actividad humana vinculado mediante la interacción. Podemos llamar a estas dos cosas la ciudad física y la ciudad social. La práctica y la teoría urbanas deberían vincular a ambas*” (Hillier & Vaughan, 2007)

A pesar de lo evidente de estas afirmaciones, la mayoría de las teorías arquitectónicas y urbanas parten de una visión estática de la ciudad, considerando los aspectos formales y compositivos como principal guía para el desarrollo urbano. No existe una comprensión profunda y objetiva de los fenómenos socio-espaciales, ni de cómo estos se desarrollan a lo largo del tiempo. Los autores analizados en el presente apartado promoverán así una nueva manera de aproximarse a los problemas arquitectónicos y urbanos, proponiendo un cambio de enfoque, “*from locations to interactions, from thinking of cities simply as idealized morphologies to thinking of them as patterns of communication, interaction, trade and exchange: in short, to thinking of them as networks*” (Batty, 2013; 15).

Tal y como veremos a lo largo del presente capítulo, las ciencias de la complejidad juegan un papel fundamental en el desarrollo de este nuevo enfoque, ya que proporcionan los recursos conceptuales y matemáticos necesarios para construir lo que algunos autores denominan como una “nueva ciencia de las ciudades” (Batty, 20013). Tal y como indica Hillier, la mayoría de las teorías arquitectónicas y urbanas desarrolladas hasta la fecha son “*strongly normative, and weakly analytic, in that they have been too much concerned to tell designers how buildings and environments should be, and too little concerned with how they actually are*” (Hillier, 1996; 2). Lo que hace falta es ir más allá de las intuiciones y las convenciones arbitrarias para generar

un conocimiento real y objetivo, un conocimiento de carácter científico que permita avanzar hacia diseños más sensibles y conectados con las verdaderas dinámicas socio-espaciales de la ciudad. Tal y como indica Hillier, para construir una teoría arquitectónica coherente y efectiva primero es necesario contar con criterios objetivos, con principios científicos que la sustenten. Lamentablemente gran parte de la producción teórica actual carece de esta base, convirtiéndose así en planteamientos estilísticos con escasa trascendencia en lo que respecta a la evolución general de la disciplina.

En todo caso, esto no quiere decir que el diseño arquitectónico/urbano pueda o deba ser reducido a un enfoque meramente científico. Tal y como indica Hillier, la arquitectura tiene y tendrá siempre un componente artístico que va más allá de la ciencia: *“architecture is an art because, although in key respects its forms can be analysed and understood by scientific means, its forms can only be prescribed by scientific means in a very restricted sense. Architecture is law governed but it is not determinate”* (Hillier, 1996; 7). Así pues, de lo que se trata es de encontrar fundamentos y criterios científicos que ayuden a inspirar nuevos discursos y estrategias de diseño en el ámbito arquitectónico y urbano.

Emergencia y Jerarquía: dos conceptos clave para entender la Ciencia Urbana

La ciudad puede entenderse como un sistema de sistemas que evoluciona constantemente hacia estados crecientes de complejidad. Esto quiere decir que manifestará comportamientos de carácter no-lineal, en ocasiones incluso caóticos, lo cual hace pensar en un sistema global altamente cambiante y difícil de predecir. Ante este panorama, cabe plantearse varias preguntas: ¿hasta qué punto es posible entender y predecir los resultados de estos sistemas? ¿Tiene sentido buscar leyes simples en fenómenos tan complejos? ¿Nos encontramos ante un reto factible o se trata de una empresa imposible?

La clave a estas cuestiones reside en los conceptos de emergencia y jerarquía. Cuando los sistemas interactúan entre sí, es habitual que se produzcan fenómenos de autoorganización, generándose así entidades de rango superior, entidades con propiedades emergentes. Esto quiere decir que la nueva entidad o sistema dispondrá de propiedades y leyes propias, diferentes a las que regían sus partes por separado. Estas propiedades emergentes, por su parte, pueden manifestar un aspecto simple, fácil de entender y expresar matemáticamente, lo cual genera una paradoja: el sistema es más complejo que antes, pero las leyes emergentes que lo rigen parecen más simples a nuestra comprensión. Este fenómeno, denominado por algunos autores como “simplecita”, revelará la posibilidad de encontrar leyes aparentemente simples en sistemas complejos. Estas leyes emergentes, a su vez, tenderán a ser estables a pesar del carácter caótico de los sistemas que las originan. Tal y como indica Batty en la entrevista realizada para la presente tesis: *“with respect*

to chaos and volatility, much of this gets absorbed in the city organisms and although tending to adapt physical form, does not really affect the macro scaling laws that tend to dominate as invariants aspects of human behavior” (Batty, entrevista).

Esto nos plantea un nuevo escenario en el que el gran sistema de sistemas se organiza naturalmente en diversas jerarquías, cada una de las cuales podrá manifestar diferentes grados de complejidad y “simplexity”. Esto por supuesto no quiere decir que todos los sistemas o entidades superiores presenten rasgos de simplicidad, pero se abre la posibilidad a encontrar leyes de este tipo (lo cual constituye una de las ideas básicas de la ciencia universal).

Teniendo en cuenta este planteamiento, parece razonable que los investigadores estudien fenómenos en diferentes escalas y busquen leyes y recurrencias en todas ellas. El resultado de esto será una investigación de amplio espectro, en la cual hay lugar tanto para los fenómenos locales como para las tendencias y mecanismos a nivel macro. Los casos analizados en el presente capítulo serán un excelente ejemplo de esto, ya que tanto Hillier como Batty buscarán aplicar sus teorías y métodos en un amplio rango de escalas, desde la escala arquitectónica hasta el nivel urbano y territorial, llegando incluso a plantear leyes y principios de carácter “universal” (con planteamientos como la “Fundamental City”¹ de Hillier o los estudios de Batty sobre las “Leyes de Escala”).

Modelos Urbanos, Simulaciones Digitales y Big Data

Actualmente existen dos grandes tendencias en lo que respecta al estudio científico de las ciudades: las investigaciones basadas en modelos socio-espaciales y las exploraciones basadas en el Big Data. En el presente capítulo nos centraremos especialmente en la primera de ellas, al ser la que conecta de una manera más directa con la dimensión espacial de la ciudad, así como con los principios y herramientas procedentes de las ciencias de la complejidad. En cualquier caso merecerá la pena explicar brevemente ambas, a fin de dar una idea general de los enfoques y herramientas disponibles en el ámbito de la “ciencia urbana”:

Investigaciones basadas en modelos socio-espaciales-> esta aproximación consistirá en la creación de modelos matemáticos que reflejen o simulen algunas de las características y mecanismos propios de los fenómenos a estudiar. Para ello se requiere la existencia de una teoría o hipótesis previa que sustente e inspire la construcción del modelo, la cual deberá ser posteriormente contrastada en base a datos empíricos. En la presente tesis ejemplificaremos este tipo de aproximaciones a través del trabajo de M. Batty y B. Hillier, los cuales desarrollarán diferentes tipos de modelos urbanos a partir de conceptos y herramientas procedentes de las ciencias de

¹ El 9º capítulo del libro “Space is the machine” se titula “The Fundamental City” y estará dedicado a reflexionar sobre las leyes de esta supuesta ciudad genérica/universal.

la complejidad. La sintaxis del espacio de Hillier, por ejemplo, se apoyará en la teoría de grafos y en el concepto de “configuración” como base para la construcción de modelos y mapas urbanos, mientras que Batty recurrirá a los fractales, los autómatas celulares y los agentes vida para desarrollar diferentes tipos de simulaciones urbanas. En ambos casos se tratará de modelos íntimamente ligados a la dimensión física y espacial de la ciudad, ya que los procesos físicos y sociales se modelan de manera simultánea.

Investigaciones basadas en Big Data-> El término “Big Data” hace referencia a la utilización de grandes cantidades de datos (generalmente procedentes de diferentes plataformas y accesorios digitales como teléfonos móviles, tarjetas de crédito, etc.) para analizarlos y buscar patrones recurrentes en los mismos. Nos encontramos ante una aproximación de carácter inductivo, la cual se sustenta exclusivamente sobre los datos, y por lo tanto no requiere de ninguna hipótesis o teoría previa. Tal y como indica Chris Anderson en la revista Wired, *“We can stop looking for models. We can analyze the data without hypotheses about what it might show. We can throw the numbers into the biggest computing clusters the world has ever seen and let statistical algorithms find patterns (...)”* (Anderson, 2008). Tal y como indica Anderson, lo importante en esta vía de trabajo es conocer los resultados prácticos y no tanto los procesos o mecanismos que los producen: *“who knows why people do what they do? The point is they do it, and we can track and measure it with unprecedented fidelity. With enough data, the numbers speak for themselves”* (Anderson, 2008). Nos encontramos sin duda ante una vía de trabajo sumamente útil y esperanzadora, aunque en la presente tesis quedará relegada a un segundo plano, ya que nuestro foco de interés se centra en explicar los procesos y mecanismos que dan origen a la ciudad compleja. Asimismo, los datos del Big Data no siempre encontrarán una correspondencia en el espacio físico, por lo que su vínculo con la forma y la estructura de la ciudad tenderá a ser mucho más débil que en el caso anterior.

En cualquier caso, cabe indicar que nos encontramos ante dos aproximaciones complementarias entre sí, dos aproximaciones que confluyen y se refuerzan mutuamente. El Big Data, por ejemplo, servirá para calibrar y verificar modelos y simulaciones que hasta el momento no podían contrastarse con la realidad por falta de datos. Asimismo, las simulaciones darán explicación a muchos de los fenómenos observados a través del Big Data, proporcionando un conocimiento mucho más profundo y fundamentado. Esto puede verse ejemplificado, por ejemplo, en el caso de las “leyes de escala” (ver apartado 6.5.2), muchas de las cuales podrán ser explicadas a través de simulaciones (Batty, modelos fractales DLA), así como de observaciones basadas en Big Data (West y Bettencourt).

El alcance de los Modelos y el Diseño de la Ciudad Compleja

Un aspecto clave para entender el alcance de las estrategias sociales consistirá en conocer las potencialidades y limitaciones asociadas a los modelos y la simulación urbana: ¿Qué fenómenos pueden predecir? ¿Con qué grado de exactitud?

¿De qué mena pueden integrarse en el proceso de diseño? Tal y como veremos a lo largo del presente capítulo, existen diferentes tipos de simulación urbana, y cada uno de ellos tendrá sus propios fines y potencialidades.

Un posible tipo de modelo es aquel que aspira a reproducir los fenómenos de manera realista, tratando de ajustarse de una manera lo más fiel posible a la realidad del fenómeno. Cabe señalar que esto pocas veces es posible, pero existen casos en los que se han llegado a alcanzar resultados bastante satisfactorios. Un ejemplo de esto podrían ser los modelos que simulan la evacuación de personas en edificios, un tipo de simulación cada vez más habitual y que ya ha empezado a incluirse en la mayoría de proyectos de gran escala. Estas simulaciones, desarrolladas generalmente a partir de agentes vida, sirven para evaluar diferentes soluciones de diseño y justificar la eventual adecuación de las mismas frente a determinados requerimientos.

Otra posibilidad son los modelos tipo “caricatura”, es decir, modelos no realistas que sin embargo reproducen algunas de las características o principios fundamentales de los fenómenos reales. Tal y como indica Michael Batty, *“the purpose of such modelling is not to provide accurate descriptions of urban growth or to provide predictive models for urban planning: it is to strip the processes of city growth to their bare essentials, and to thus uncover the basic mechanisms at work”* (Batty, 2005; 109). Estos modelos buscan explicar mecanismos, revelar procesos ocultos a simple vista y que las simulaciones pueden ayudarnos a comprender. La mayoría de los modelos desarrollados por Batty en libros como *“Cities and Complexity”* o *“The New Science of Cities”* pertenecen a esta categoría. Estos modelos buscan revelar las lógicas que subyacen tras los diferentes procesos, permitiendo que el diseñador aprenda y genere nuevas intuiciones y criterios de diseño. Según Batty, *“these models should provide “information” rather than “solutions” should inform rather than solve”* (Batty, 2005; peface)

Nos encontramos pues ante una vía de trabajo capaz de proporcionar información objetiva y cuantificable sobre determinados fenómenos, así como criterios más abstractos y teóricos sobre el funcionamiento de las lógicas socio-espaciales. Todo esto podrá ser aplicado en el desarrollo de diseños arquitectónicos y planes urbanos, siendo una ayuda fundamental en diferentes fases del proyecto: en la fase de diagnóstico, permitiendo analizar las características socio-espaciales del lugar, en la fase de diseño, proporcionando criterios para generar diseños más coherentes y eficientes desde el punto de vista social y espacial; a la hora de evaluar diferentes propuestas de proyecto, cuantificando y comparando los resultados derivados de cada una de ellas, etc.

En cualquier caso cabe señalar que, a diferencia del resto de vertientes, en el caso de las estrategias sociales los principales protagonistas no son diseñadores, sino que en la mayoría de los casos se limitan a asesorar a otros equipos y oficinas de arquitectura, en los cuales suele recaer la principal carga de diseño. Evidentemente los principios y criterios derivados de la ciencia urbana no son suficientes para inspirar

el desarrollo de un diseño arquitectónico/urbano completo, pero sí que pueden servir como guía para que dicho diseño alcance un comportamiento satisfactorio desde el punto de vista socio-espacial. De hecho, muchos de los protagonistas de la vertiente social consideran que la libertad en el ámbito generativo es un aspecto positivo. Tal y como indica Hillier, *“What is needed is theories that are as non-specific as possible to particular solutions in the generative phases of design in order to leave the solution field as large and dense as possible, and as specific and rigorous as possible in the predictive phases in order to be able to deal predictively with unknown forms where the need for effective prediction is greatest”* (Hillier, 1996; 49).

Por último, indicar que la mayoría de los autores estudiados en el presente capítulo tenderán a rechazar los grandes planes urbanos del pasado, apostando por intervenciones más acotadas y estratégicas que posibiliten un desarrollo urbano más espontáneo y natural. Tal y como indica L. Bettencourt, *“Cities should not be seen as systems to be controlled or resisted, but encouraged to evolve spontaneously in the direction of achieving the best open-ended expressions of our collective nature”* (Bettencourt, 2013).

6.1.3 Perspectiva Histórica

En el capítulo 1 de la tesis hemos introducido brevemente a algunos de los inspiradores y promotores de la nueva ciencia urbana, entre los cuales destacarán nombres como Jane Jacobs y Christopher Alexander, referentes fundamentales en casi todos los textos vinculados a esta vía de trabajo. Más allá de las fuentes específicas que cada grupo de investigación pueda tener, las obras de Jacobs y Alexander pueden considerarse como un punto de partida común que refleja la filosofía y el espíritu compartido por todos ellos.

Uno de los puntos centrales de esta vía de trabajo consistirá en distinguir las verdaderas leyes (objetivas y científicas) de la ciudad de las ideas arbitrarias promovidas a lo largo de diferentes épocas de la historia arquitectónica y urbana. En el caso de Jacobs y Alexander esto se reflejará en las críticas al urbanismo de la Carta de Atenas, las cuales quedarán plasmadas en obras como *“Death and Life of Great American Cities”* (Jacobs, 1961) y *“A City is not a Tree”* (Alexander, 1965), entre otras. En ambos casos se demostrará que los principios de la Carta de Atenas obedecían a intuiciones o convenciones de carácter racionalista, más que a verdaderas evidencias científicas. La mayoría de autores contemporáneos seguirán dando continuidad a esta vía crítica, cuestionando a través de medios científicos y matemáticos la validez de diferentes principios urbanos. Asimismo, cabe indicar que muchas de las leyes o recurrencias observadas a través de los medios científicos actuales vendrán a confirmar los principios propuestos por Jacobs en *“Death and Life of Great American Cities”*, especialmente aquellos relativos a la puesta en valor de las calles, la mezcla de usos, los patrones de copresencia humana, etc.

Otro de los puntos clave en el trabajo de Jacobs y Alexander será la consideración de la ciudad como un sistema complejo, un planteamiento que ha sido mantenido hasta nuestros días y que ha dado pie a la búsqueda constante de nuevos conceptos y métodos matemáticos destinados a describir y caracterizar ese tipo de sistemas. Si bien Jacobs fue una de las primeras en recoger esta conexión entre arquitectura y ciencia, su desarrollo y puesta en práctica recaerá sobre las generaciones posteriores de investigadores, entre los cuales se encuentran los protagonistas estudiados en el presente capítulo.

La adopción de una visión científica en el ámbito arquitectónico y urbano invitará a cuestionar, revisar, y redefinir muchas de las ideas y teorías del pasado, aunque siempre con la intención de lograr leyes y principios que ayuden a la innovación y el progreso en el seno de la disciplina. Tal y como indica Hillier, *“architects can neither forget the architectural tradition, nor repeat it (...). Through the intermediary of theory, reflection on the past becomes possible future.* (Hillier, 1996; 61).

6.2_POSICIONAMIENTO FRENTE AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD

6.2.1 Vinculaciones entre la Ciudad y las diferentes Teorías de la Complejidad

El paradigma de la complejidad ha proporcionado un marco conceptual y metodológico fundamental para la comprensión de los fenómenos urbanos. La aplicación de estas leyes al ámbito urbano, por su parte, dará lugar a un escenario sumamente amplio y diverso, con aproximaciones tan variadas como los estudios de Batty y Longley sobre la “ciudad fractal” (Batty & Longley, 1994), los textos de Portugali sobre la autoorganización de la ciudad (Portugali, 2000), las teorías de Hillier sobre las redes urbanas y la sintaxis del espacio (Hillier, 1996), etc. En cualquier caso, ninguna de estas aproximaciones se ceñirá exclusivamente a una única teoría o concepto, sino que todas tenderán a conectarse e interrelacionarse entre sí, dando lugar campo de investigación compartido.

La incorporación de las ciencias de la complejidad en la investigación urbana también se verá reflejada en el uso de algoritmos complejos para el desarrollo de modelos y simulaciones. Muchos de los formalismos matemáticos desarrollados en el ámbito de la ciencia compleja serán aplicados al estudio de los fenómenos urbanos, dando lugar a un amplio campo de estudio y experimentación. El libro “*Análisis y Simulación de la Ciudad Compleja*” (Reynoso, 2010), del antropólogo Carlos Reynoso, planteará un análisis bastante completo y exhaustivo de estas herramientas, pudiendo destacar formalismos como por ejemplo los Autómatas Celulares (ACs) y Agentes Vida (AVs), el análisis de la Dimensión Fractal (DF), los grafos y redes urbanas, la Sintaxis del Espacio (SE), la Dinámicas de Sistemas (DS), etc.

6.2.2 La Ciudad Sistémica y la Ciudad Compleja

En general se puede detectar una cierta evolución en la manera de entender la naturaleza compleja de la ciudad, pasando de las primeras aproximaciones basadas en la Teoría General de Sistemas de Bertalanffy, hacia una visión más acorde con las ciencias de la complejidad propiamente tales, poniendo un mayor énfasis en la transición del caos al orden y en la aparición de fenómenos autoorganización, emergencia, etc.

Uno de los modelos más representativos de la primera etapa será la Dinámica de Sistemas de Jay Forrester, un modelo diseñado “de arriba hacia abajo” (“top-down”) en el que los bucles de realimentación fijados por el diseñador controlan y regulan un sistema urbano que se supone en equilibrio dinámico. El auge de las ciencias de la complejidad a partir de finales de los 70 y comienzos de los 80, sin embargo, provocará un cambio en la manera de entender la naturaleza compleja de la ciudad,

abandonando la idea del equilibrio urbano por una visión más libre y abierta al caos y el azar. Tal y como indica Batty, *“(city systems) do not automatically return to equilibrium for they are forever changing, indeed, they are far-from-equilibrium. Nor are they centrally ordered but evolve mainly from the bottom up as the products of millions of individual and group decisions with only occasional top down centralized action (...) this notion of systems freely adjusting to changed conditions is no longer valid, in fact it never was. Cities admit innovation, indeed they are the crucibles of innovation, they generate surprise, they display catastrophes”* (Batty, 2011). Los modelos de simulación a partir de autómatas celulares y agentes vida serán un claro reflejo de este tipo de sistemas, tal y como veremos más adelante al analizar el trabajo del propio Batty y el grupo CASA.

En todo caso, cabe señalar que esta diferencia entre los procesos top-down y bottom-up no siempre es tan clara en la práctica. De hecho, la realidad no obedece de manera exacta a ninguno de los dos modelos, sino que se ubica más bien en algún punto intermedio entre ambos; tal y como indicábamos al final del capítulo 2, es habitual que las propiedades emergentes de un sistema influyan sobre los propios elementos que componen el sistema, generando efectos de “causalidad descendente” (fenómenos top-down). Un claro ejemplo de esto serán los trazados urbanos de las ciudades no-planificadas, los cuales surgen como consecuencia de millones de desplazamientos y acciones descentralizadas de sus habitantes, dando lugar a estructuras urbanas que a su vez influyen sobre el movimiento y los flujos de dichos habitantes.

Así pues, aunque la realidad urbana sea un fenómeno emergente, sus procesos y consecuencias podrán estudiarse a partir de diferentes modelos, existiendo espacio tanto para las aproximaciones bottom-up como top-down. Más adelante profundizaremos en esto al comprobar las conexiones y correspondencias existentes entre modelos como los agentes vida y las técnicas de sintaxis espacial.

6.2.3 Hacia una ciencia propiamente arquitectónica/urbana. Trascendiendo las analogías biológicas

Las ciencias de la complejidad han demostrado que tanto las ciudades como las entidades naturales y biológicas responden en muchos casos a las mismas leyes, pudiendo establecer así un vínculo ente ellas. El establecimiento de analogías biológicas constituye una constante en la historia de la arquitectura y el urbanismo, y las ciencias de la complejidad contribuirán a esta tendencia proporcionando nuevos conceptos y argumentos para sustentar dichas analogías.

El trabajo de Michael Batty, por ejemplo, incorporará diversas analogías biológicas, como en el caso de la imagen adjunta, extraída del libro *“The new Science*

of Cities”, en la cual se muestra la existencia la presencia de estructuras de carácter fractal tanto en ciudades como en entidades biológicas. Asimismo, en el libro “*Cities and complexity*”, Batty establecerá un paralelismo entre el crecimiento urbano y la difusión de epidemias (Batty, 2005; 385), demostrando que ambos procesos obedecen a patrones y leyes similares. También merecerá la pena citar las alusiones de Batty a las leyes evolutivas de Darwin, las cuales considera útiles para explicar los procesos de evolución y desarrollo urbano: “*Darwin’s fundamental message that life proceeds through a natural selection that slowly but surely preserves the fittest among the population and destroys the rest, appears increasingly attractive in explaining the growth dynamic of a variety of non-biological organisations such as cities. (...) cities are one of the best exemplars o how well adapted designs emerge from what appear to be countless uncoordinated decisions generated from the bottom-up that produce order in all scales*”. (Batty, 2009)

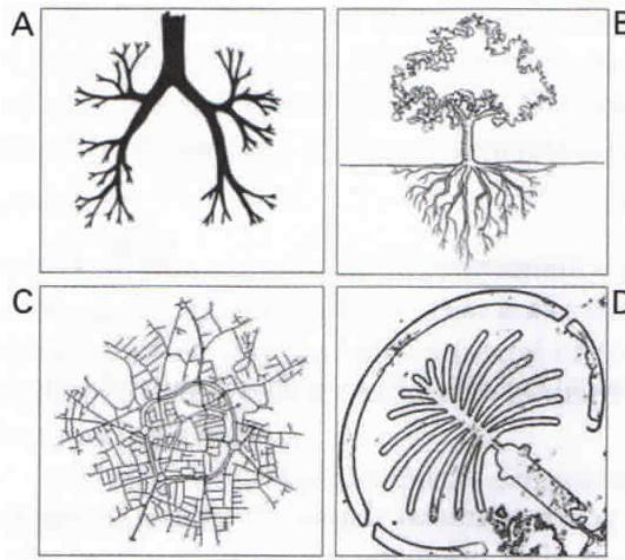


Figura 6.1_Presencia de estructuras ramificadas y autosimilares en entidades biológicas y sistemas urbanos: A_sistema respiratorio; B_raíces de árbol; C_red urbana orgánica; D: sistema urbano planificado. Fuente: Batty, 2013; 252)

Más allá de los fines didácticos y explicativos, estas analogías servirán en muchos casos para inspirar nuevas metodologías y vías de investigación en el ámbito urbano, pudiendo destacar por ejemplo el caso de las “leyes de escala”, surgidas a partir de las investigaciones del físico británico Geoffrey West en el campo de la alometría biológica (West, Brown & Enquist, 1997). La alometría hace referencia estudio de las relaciones de proporcionalidad entre las diferentes partes y sistemas de las entidades biológicas, concepto que el propio West (con la ayuda de L.Bettencourt y el equipo del Instituto de Santa Fé) extrapolará al ámbito urbano, descubriendo

algunas de las leyes/recurrencias fundamentales en el funcionamiento de las ciudades, conocidas como “leyes de escala”.

A pesar de esto, autores como J. Portugali, L. Bettencourt, B.Hillier y muchos otros, advertirán de las limitaciones de estas analogías, afirmando que las ciudades no son entidades naturales sino artefactos artificiales, dotados de leyes y mecanismos propios. (Portugali, 2012; Bettencourt, 2013; Hillier). Tal y como indica Portugali, *“Complexity Theories of Cities have been indiscriminately applied to cities theories and models originally developed to deal with natural phenomena, ignoring the implications of the fact that cities are not natural phenomena but rather artifacts” (...)* *Complexity Theories of Cities will have to look not only at the similarities between natural and artificial entities, but also at their differences*” (Portugali, 2012). L.Bettencourt, por su parte, afirma que en determinados aspectos las ciudades llegan a comportarse de manera opuesta a las entidades biológicas ², lo cual demuestra la singularidad de las entidades urbanas. En definitiva, puede que el conocimiento de estos factores diferenciadores sea la clave para avanzar en el desarrollo de la disciplina mediante la construcción de una ciencia propiamente urbana.

² L.Bettencourt : *“Cuando empezamos a trabajar en esta búsqueda, West creía que iba a encontrar la respuesta en la biología, pero se equivocó. Es casi lo contrario. La teoría en biología indica que mientras mayor sea el organismo, más lento funciona (...) Si fuera eso lo que sucede en las ciudades, las grandes ciudades serían más lentas y menos productivas por unidad de tiempo y en la práctica ocurre justamente lo contrario”*. (Cominetti, 2012)

6.3_POSICIONAMIENTO FRENTE A LAS HERRAMIENTAS DIGITALES

6.3.1 La importancia de las Herramientas Digitales en el desarrollo de las Estrategias Sociales

Las herramientas digitales constituyen una pieza clave dentro de la nueva ciencia urbana, siendo el principal sustento para los modelos de análisis y simulación. En el caso de modelos como la Dinámica de Sistemas o la Sintaxis Espacial, por ejemplo, las herramientas digitales permitirán sustituir los antiguos cálculos a mano por procesos de cómputo digital, posibilitando la aplicación de estos modelos a casos mucho más complejos de una manera rápida y efectiva. El principal aporte de las herramientas digitales, sin embargo, tiene que ver con la simulación de fenómenos de autoorganización y emergencia, fenómenos para los cuales no existen fórmulas ni aproximaciones top-down que permitan analizarlos según modelos convencionales. La única manera de estudiar estos fenómenos es mediante la simulación digital (De Landa, 2010; Batty, 2005; 64), aplicando formalismos propios del universo computacional, como es el caso de los autómatas celulares o los agentes vida.

Además de asistir en el proceso de simulación, las herramientas digitales jugarán un papel fundamental a la hora de representar y comunicar sus resultados. La idea es que los resultados de las simulaciones sean los más claros y legibles posible, a fin de hacerlos accesibles a un público diverso. Para ello será fundamental aprovechar las posibilidades brindadas por la programación digital, que permitirá representar grandes cantidades de datos de manera rápida y precisa, dando lugar a diferentes tipos de gráficos y mapas. En el campo de la sintaxis espacial, por ejemplo, se utilizarán mapas con códigos de color para representar diferentes parámetros y características de las tramas urbanas, facilitando así la comprensión de la realidad urbana sin necesidad de entrar en fórmulas ni demostraciones matemáticas. Lo mismo sucederá en el caso de las investigaciones y estudios basados en Big Data, donde la representación gráfica de la información adquirirá un papel central. A continuación se recogen algunos ejemplos con diferentes grados de abstracción y expresividad ³.

³ Pedro Cruz y Penousal Machado, en el artículo titulado “*City portraits and caricature*” hablan de la posibilidad de abordar la representación de datos de una manera “figurativa”. Con esto hace referencia a la representación de los datos de una manera más libre e interpretativa, priorizando la expresividad frente al rigor científico. Tal y como indican los autores: “*this permissiveness enables us to build visualization artifacts that use playful analogies to better communicate the complex nature of cities to a nonacademic, general audience*” (Cruz & Machado, 2014)

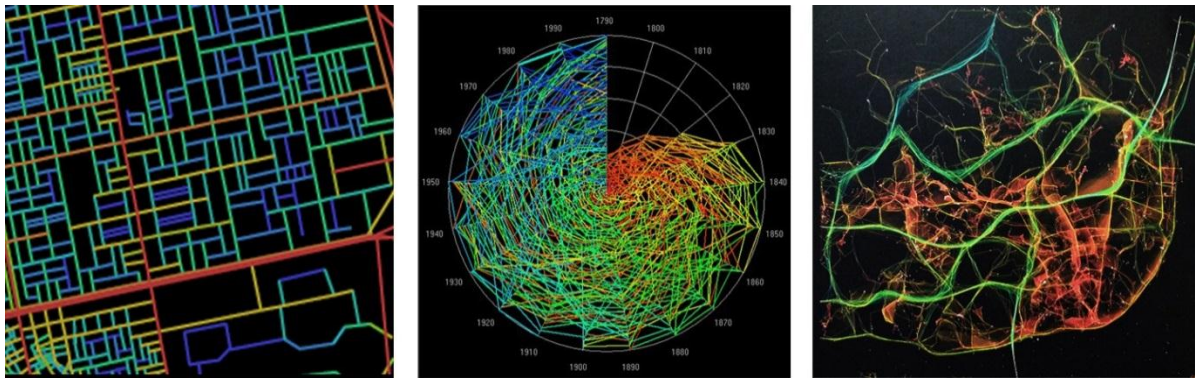


Figura 6.2_Ejemplos de diferentes tipos de gráficos utilizados habitualmente en el desarrollo de los estudios urbanos. A_Mapa Axial representando parámetros de sintaxis espacial (www.spacesyntax.com); B_”Rank Clock” (<http://www.complexcity.info>); C_Representación de los flujos de tráfico en la ciudad de Lisboa (Cruz & Machado, 2014)

Cabe señalar que no siempre es fácil llegar a estos estándares de claridad y legibilidad, especialmente cuando las simulaciones abordan fenómenos con dinámicas o comportamientos contraintuitivos. Incluso en estos casos, Batty insiste en la necesidad de ser lo más didáctico posible: *“we impose the requirement that whatever the outcomes, these must be traceable to changes in input values, notwithstanding counterintuitive impacts. In short, such counterintuition must be ultimately explicable in terms of the model’s functioning, for the essence of informed debate is to recognize when and why such effects can occur”* (Batty, 2013; 276).

6.3.2 Evolución en la Simulación de los Fenómenos Socio-espaciales

Es posible hablar de una evolución en el campo del modelado y la simulación urbana a partir la década de 1980, una evolución que Batty define como *“a shift from simple, parsimonious models that simulate systems at a cross section in time and represent populations in aggregate form to more complex, richer models that deal directly with the time dimension and specify model functionality in terms of processes of change at a much more disaggregate level than their earlier counterparts”* (Batty, 2011b). Este cambio se reflejará en el paso de los modelos tradicionales, conocidos habitualmente como “Land Use Transportation Interaction models” (LUTI), a modelos basados en autómatas celulares y agentes vida, que tal y como indica Batty son de carácter dinámico y simulan procesos de interacción descentralizados, procesos de abajo hacia arriba (bottom-up). De esta manera se logrará comprender la verdadera complejidad de los fenómenos urbanos, pudiendo simular fenómenos de autoorganización, emergencia, etc.

Sin embargo, esto no quiere decir que los métodos existentes previamente sean descartados, ya que en muchos casos sus predicciones seguirán siendo válidas.

No se trata tanto de superar modelos previos como de ampliarlos y complementarlos con métodos más sofisticados que permitan desvelar la verdadera naturaleza compleja de los fenómenos urbanos. Los ejemplos estudiados en el presente capítulo reflejarán claramente este escenario, demostrando cómo diferentes modelos pueden confluir y complementarse entre sí. Los métodos de análisis de sintaxis espacial, por ejemplo, son métodos estáticos desde el punto de vista temporal, y se aproximan a los problemas urbanos desde un enfoque global, abarcando la configuración urbana como un todo. Gracias a estos métodos de análisis se puede lograr una imagen bastante precisa de cómo funcionan los flujos peatonales en dicho trazado urbano, fenómeno que también puede ser simulado de una manera mucho más descentralizada y desagregada utilizando herramientas basadas en agentes. De hecho, el software Depthmap X incorpora ambos tipos de simulación, sintaxis espacial y agentes vida, demostrándose que en la mayoría de los casos ambas predicciones coinciden. Evidentemente las simulaciones con agentes permitirán hacer suposiciones mucho más detalladas y precisas sobre la manera en que los peatones se mueven en el espacio-tiempo, aunque los resultados globales tenderán a corresponderse con los arrojados por la sintaxis espacial. (Penn & Turner, 2001).

En definitiva, podemos decir que la evolución en métodos de modelado y simulación no conlleva necesariamente la supresión de métodos tradicionales sino más bien la incorporación de nuevas herramientas que permitan comprender de una manera más profunda los mecanismos y dinámicas que guían el desarrollo de los fenómenos arquitectónicos y urbanos.

6.3.3 Diversidad de Herramientas y Software

Aunque gran parte de los fenómenos urbanos comparten una misma base teórica y conceptual, en la práctica no existe un método único o universal para estudiar y simular los fenómenos urbanos. De hecho, según el tipo de fenómeno habrá herramientas o formalismos más adecuados que otros, dando lugar a un escenario sumamente amplio y diverso. El libro *“Análisis y Diseño de la Ciudad Compleja”* de Carlos Reynoso (Reynoso, 2010) es uno de los que mejor refleja esta diversidad de métodos, así como la gran cantidad de programas y software existentes en el campo de la ciencia urbana.

Tal y como explica Batty, la mayoría de investigadores en el ámbito de la ciencia urbana tienden a preferir el uso de modelos simples, modelos adaptados a fenómenos específicos, en lugar de crear aplicaciones más complejas. Cuando las simulaciones tratan de abordar muchos aspectos al mismo tiempo, generalmente son difíciles de manejar y sus procesos internos se hacen más opacos, más difíciles de leer y comprender debido a la gran cantidad de variables e interacciones (Batty, 2013; 107). En general es más recomendable crear y enlazar varios modelos simples que

crear grandes simulaciones de una sola vez. Esto explica la diversidad de software existente así como el constante surgimiento de nuevas plataformas y aplicaciones.

En el campo de la sintaxis espacial, por ejemplo, tendremos el programa Depthmap X, el más utilizado por el Space Syntax Group, al cual acompañarán otras aplicaciones como por ejemplo Spatialist, Mindwalk, WebMap, Confegoo (Hillier, 1996; vi), AJAX-light, Syntax 2D, AGRAPH, etc. (Reynoso, 2010). Asimismo, en el campo de los autómatas celulares y los agentes vida destacará el programa NetLogo, junto con otras plataformas como 3D Boids, Swarm, Ascape, etc. (Reynoso, 2010). Todas estas aplicaciones, a su vez, podrán combinarse y conectarse con otras aplicaciones como por ejemplo las herramientas de GIS (Sistemas de Información Geográfica), herramientas paramétricas, plataformas interactivas, etc. El universo de posibilidades es infinito, por lo que en la presente tesis nos limitaremos simplemente a esbozar este contexto general, profundizando posteriormente en varios casos concretos desarrollados por los grupos CASA y Space Syntax.

6.3.4 La Simulación Digital, al servicio de la ciencia urbana

El avance de la ciencia urbana depende en gran medida de las herramientas de simulación y análisis disponibles en cada momento, y por ello es importante seguir trabajando en el desarrollo de nuevos modelos y herramientas. En muchos casos, sin embargo, existe el peligro de que estos modelos y herramientas se conviertan en el fin último de la investigación. Tal y como indica Portugali, *“simulation models originally designed as media by which to study phenomena of complexity and self-organization became the message itself. (...) most studies are silent about the qualitative message of complexity theories to cities”*. (Portugali, 2012). A pesar de la crítica de Portugali, cabe señalar que tanto en el caso de CASA como en el del Space Syntax Laboratory los trabajos y artículos dedicados al análisis de algoritmos y herramientas de modelado tienden a intercalarse y complementarse con casos de perfil más práctico, lo cual refleja un cierto equilibrio entre ambas vías de trabajo. Será importante pues que este equilibrio se mantenga y que derive en teorías y criterios más productivos para el diseño de los entornos arquitectónicos y urbanos.

6.4_LA SINTAXIS ESPACIAL. BILL HILLIER Y EL GRUPO SPACE SYNTAX

6.4.1 Introducción

La teoría de la “Sintaxis Espacial” (a partir de ahora SE) nace a partir del trabajo desarrollado por Bill Hillier y Julienne Hanson en la década de los 80, y recogido en el libro *“The Social Logic of Space”* (1984). En esta obra se introducirá el concepto de configuración espacial y la posibilidad de estudiar dichas configuraciones a partir de la teoría de grafos ⁴, construyendo así las bases de una nueva teoría socio-espacial. Posteriormente Hillier seguirá desarrollando y perfeccionando estas ideas, plasmándolas en el libro *“Space is the Machine”* (1996), en el cual quedarán reflejados los principales postulados y métodos asociados a la SE. Asimismo, Hillier fundará el Space Syntax Laboratory junto a sus colegas del University College de Londres, dando origen así a un proyecto de investigación que se extiende hasta nuestros días y que cada vez capta a más profesionales e investigadores, entre los que destacarán nombres como Alan Penn, Kayvan Karimi, Alasdair Turner, Laura Vaughan, Sean Hanna, Kinda Al-Sayed o Tsasos Varoudis, entre muchos otros.

El desarrollo de esta teoría encontrará sustento a su vez en los Congresos Internacionales de Sintaxis Espacial, celebrados cada dos años, así como en publicaciones como *“The Journal of Space Syntax”* o *“Environment and Planning”*. Asimismo, el grupo Space Syntax contará con una vertiente profesional, dedicada al desarrollo de proyectos prácticos así como a la asesoría de diferentes firmas y oficinas arquitectónicas. En el apartado “casos de estudio” veremos algunos de estos ejemplos.

Por último, señalar que el grupo Space Syntax no es el único responsable del desarrollo de la SE, sino que existirá una amplia red de investigadores inmersos en esta misma vía de estudio, como puede ser el caso de Daniel Koch y Lars Marcus en la KHT School of Architecture de Estocolmo, John Peponis y su equipo de investigación en el Georgia Institute of Technology, el MIT Senseable City Lab de Carlo Ratti o el propio equipo CASA dirigido por Michael Batty, entre muchos otros.

A continuación analizaremos algunos de los principales conceptos y herramientas vinculados a la SE, a fin de lograr un mapeo global de los que sería esta vía de investigación en el ámbito de la arquitectura compleja.

⁴ Tal y como indica Carlos Reynoso, Hillier y Hanson no fueron los primeros en aplicar la teoría de grafos para el estudio de problemas arquitectónicos y urbanos, aunque sí fueron pioneros en la creación de una teoría arquitectónica completa y coherente a partir de dicho recurso. Algunos de los antecedentes en el uso de grafos en estudios urbanos serán, entre otros, William Garrison (*“connectivity of the interstate highway system”*, 1960), Nystuen y Dacey (*“A graph theory Interpretation of nodal regions”*, 1961), March y Steadman (*“The geometry of the Environment”*, 1971), M. Krüger, etc. (Reynoso 2010, 214)

6.4.2 Conceptos clave de la Sintaxis Espacial

A_La Sintaxis Espacial y el concepto de Configuración

A diferencia de las aproximaciones tradicionales, que tienden a describir el espacio fijándose en las superficies y objetos arquitectónicos que lo delimitan, en este caso se trata de estudiar los vacíos. Es como una inversión figura-fondo: el objeto de estudio ya no son los llenos (elementos materiales como muros, vallas, etc.), sino los espacios vacíos (salas, calles, plazas...). La teoría de la sintaxis espacial por lo tanto omite cualquier tipo de información acerca del aspecto de las fachadas, materialidad, texturas, colores, etc.; lo único relevante es la manera en que los vacíos se conectan entre sí. Este sistema de conexiones es lo que se conoce como “configuración”, y puede ser representada y estudiada a través de grafos.

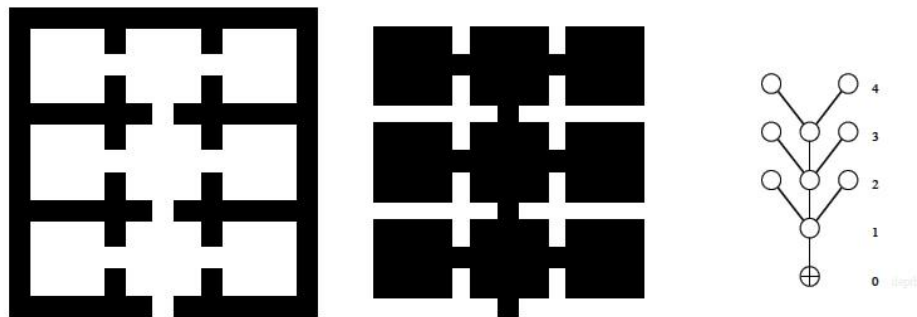


Figura 6.3_ Esquema representativo de los fundamentos de la sintaxis espacial: conexiones entre vacíos y representación a través de grafos. Fuente: Hillier, 1996; 21

La teoría grafos (o teoría de redes) permitirá estudiar las configuraciones de manera matemática, abriendo la puerta así diferentes técnicas y métodos de análisis que conformarán la base de la “sintaxis espacial”. El hecho de trabajar con grafos revelará a su vez varias características clave de las configuraciones:

- Las configuraciones se caracterizan por su estructura topológica-> lo importante es la manera en que los espacios se conectan entre sí, y no tanto sus propiedades dimensionales o métricas ⁵.
- Las configuraciones se comportan de manera holística -> los diferentes espacios que conforman la red estarán relacionados de tal modo que el cambio en alguna de las conexiones puede provocar cambios en el sistema a nivel

⁵ Tal y como indica Hillier, “*far from ignoring geometric and metric properties, the ‘line-graph’ internalises them into the structure of the graph and in doing so allows the graph analysis to pick up the nonlocal, or extrinsic, properties of spaces that are critical to the movement dynamics through which a city evolves its essential structures*”. (Hillier,1999)

global. Nos encontramos pues ante sistemas complejos que se comportan de manera holística. Tal y como indica Hillier, *“it is how things are put together that matters (...) the way the parts are put together to form the whole is more important than any of the parts taken in isolation”*. (Hillier, 1996; 1)

Las configuraciones y la dimensión social de la arquitectura

Toda la teoría de la sintaxis espacial se basa en un postulado fundamental: la existencia de correspondencias objetivas entre las configuraciones espaciales y la manera en que la gente recorre y utiliza dichos espacios. Las configuraciones se convierten así en el puente que permite conectar las dimensiones física y social de la arquitectura, presentando ambas como parte de un mismo proceso. Esta afirmación estará respaldada a su vez por estudios empíricos que demostrarán la efectividad de la sintaxis espacial a la hora de predecir diferentes fenómenos sociales y urbanos.

Cabe señalar que la relación entre las configuraciones y los fenómenos sociales no es de carácter determinista, sino que se trata más bien de un tema de probabilidades. Tal y como indica Hillier, *“Space does not direct events, but it does shape possibility”* (Hillier, 1996; 155). De hecho, cabe señalar que la SE simplemente predice los patrones de movimiento y copresencia en la trama arquitectónica /urbana, los cuales constituyen el germen o ingrediente básico para la emergencia de fenómenos sociales más complejos.

Sintaxis Espacial y Cognición

Una de las ventajas de la SE es que permite predecir los efectos sociales de la arquitectura sin necesidad de tener un conocimiento exhaustivo de los procesos cognitivos que se producen en la mente de los individuos. La teoría de la SE es capaz de predecir el movimiento de la gente simplemente estudiando la configuración de los espacios arquitectónicos y urbanos, pudiendo prescindir así de cualquier tipo de consideración semántica o fenomenológica.

Esto, sin embargo, no quiere decir que los aspectos cognitivos sean obviados o apartados, sino más bien todo lo contrario: los mecanismos cognitivos están de alguna manera implícitos, incluidos dentro del concepto de configuración. Tal y como lo demuestran B.Hillier y S.lida en el artículo *“Network effects and psychological effects: a theory of urban movement”* (Hillier & lida, 2005), los análisis de SE, al reflejar el movimiento de la gente, están reflejando al mismo tiempo los efectos de sus mecanismos y tendencias cognitivas.

En definitiva, podemos decir que el concepto de configuración hace de puente entre la arquitectura y la cognición, abriendo así un nuevo campo de estudio. De

hecho, la SE se está extendiendo cada vez más entre los investigadores de las ciencias cognitivas, ya que permite aproximarse a los problemas clásicos desde una nueva perspectiva.

Descripción General de la Sintaxis Espacial

La Sintaxis espacial puede definirse como una aproximación teórico-práctica al estudio de las configuraciones arquitectónicas y urbanas, con el objetivo de analizar y comprender sus consecuencias socio-espaciales. Esto abarcará una gran cantidad de conceptos, métodos y técnicas de análisis, los cuales se explicarán con mayor detalle en los siguientes apartados.

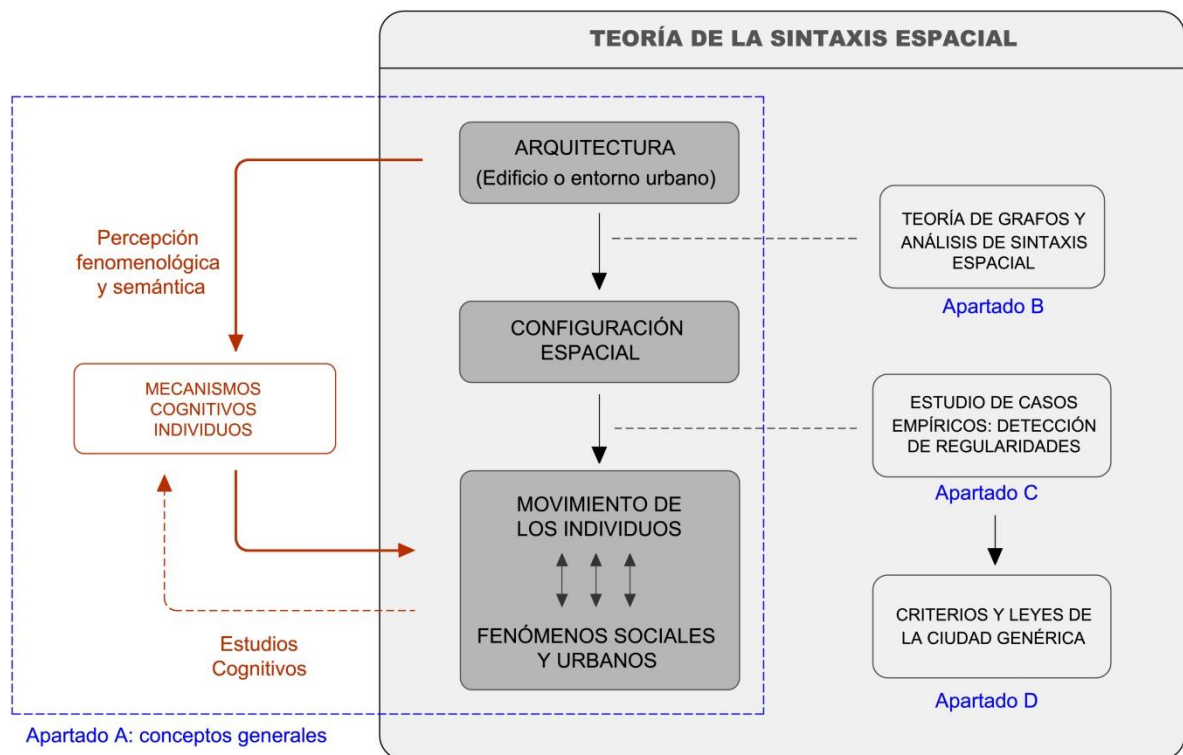


Figura 6.4_ Esquema explicativo de los diferentes factores que intervienen en el desarrollo de la Sintaxis Espacial. En rojo se hace referencia a los factores cognitivos, relacionados de una manera más indirecta con la SE, y en azul se indican los apartados de la tesis en los que se desarrolla cada tema. Fuente: Jon Arteta

B_Métodos y Técnicas para el estudio de la Sintaxis Espacial

Para poder estudiar las configuraciones de una manera científica, primeramente será necesario transformar los espacios reales en representaciones esquemáticas, es decir, en grafos o mapas cuyas propiedades puedan ser analizadas matemáticamente. Existirán diversos métodos para generar y estudiar este tipo de mapas⁶, aunque en la presente tesis nos centraremos principalmente en los métodos utilizados por el grupo Space Syntax. Tal y como veremos a continuación, los miembros del Space Syntax Laboratory utilizarán diferentes tipos de mapas, en función de los espacios y las características configuracionales que se quieran estudiar en cada caso:

-Mapa Convexo -> el objetivo del mapa convexo es estudiar las relaciones de adyacencia existentes entre diferentes espacios arquitectónicos o urbanos. Lo más habitual es que se utilice para estudiar la conexión y concatenación de salas o espacios dentro de los edificios, aunque también puede aplicarse en el ámbito urbano, estudiando las conexiones entre plazas, parques, etc.



Figura 6.5. Mapa Convexo. Fuente: Al Sayed et al., 2014

⁶ Además de los tres tipos de mapas aquí explicados – que son los más utilizados por el grupo Space Syntax UCL-, existirán otras metodologías alternativas propuestas por autores como Michael Batty (“A new theory of Space Syntax”, Casa working paper nº 75, 2005), B Jiang y C. Claramunt (“Extending Space Syntax towards an Alternative Model of Space within GIS”, 3rd AGILE Conference on Geographic Information Science, 2000), etc.

-Mapa Axial -> el mapa axial se utilizará para estudiar la configuración de los ejes y las tramas que conectan entre sí los diferentes espacios arquitectónicos/urbanos. La construcción del mapa axial se basa en dos supuestos básicos: que las personas tienden a moverse naturalmente en línea recta, y que estas rectas siguen la dirección marcada por las líneas de máxima profundidad visual. Tomando en cuenta estos principios se elaborará el mapa axial, que Hillier y Hanson definen como *“el conjunto mínimo de líneas rectas de la mayor longitud y de movimiento no obstruido que cruza e interconecta todos los espacios abiertos de un sistema urbano”* (Hillier & Hanson, 1984). Para facilitar esta tarea, algunos software como por ejemplo el “Depthmap X” ofrecen la posibilidad de generar automáticamente el mapa axial a partir de un plano base ⁷.

El análisis axial funciona perfectamente a la hora de analizar trazados urbanos de carácter orgánico o espontáneo, pero manifiesta ciertas carencias al aplicarlo sobre entramados regulares tipo damero. Para solventar este problema se ha creado una variante del mapa axial conocida como mapa de segmentos ⁸. En este nuevo mapa las líneas axiales ya no son entidades únicas, sino que se dividen en diferentes segmentos cada vez que intersectan con otra línea. Este mapa suele ser la base para los análisis angulares que explicaremos más adelante.

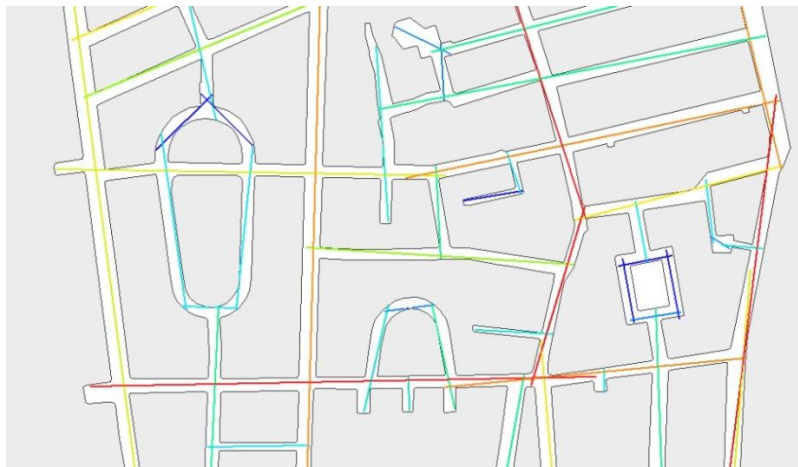


Figura 6.6_ Mapa Axial. Los colores de cada tramo representan los diferentes valores obtenidos del cálculo de la integración. Fuente: elaborado por el autor de la tesis utilizando el software Depthmap X y los archivos de ejemplo proporcionados en la página web www.spacesyntax.net/software-and-manuals/depthmap

⁷ Los fundamentos de este algoritmo se explican en el artículo titulado *“An algorithmic definition of the axial map”* (Turner, Penn & Hillier, 2005)

⁸ En el software Depthmap X existe una opción para transformar directamente el mapa axial en mapa de segmentos.

-Mapa para el análisis de visibilidad (Visibility Analysis Graph, VAG) -> tal y como su propio nombre indica, el VAG sirve para estudiar los campos visuales que se generan en el interior de los espacios arquitectónicos y/o urbanos. Generalmente se utilizan para determinar qué puntos son los más visibles desde las diferentes zonas del proyecto. En el software Depthmap X este mapa se genera estableciendo una grilla base, (cada celda representara el espacio ocupado por una persona), de modo que el programa calculará la intervisibilidad existente entre todos los puntos del proyecto. Dependiendo de su grado de visibilidad, cada celda adoptará un color diferente, resultando un gráfico como el de la imagen adjunta.

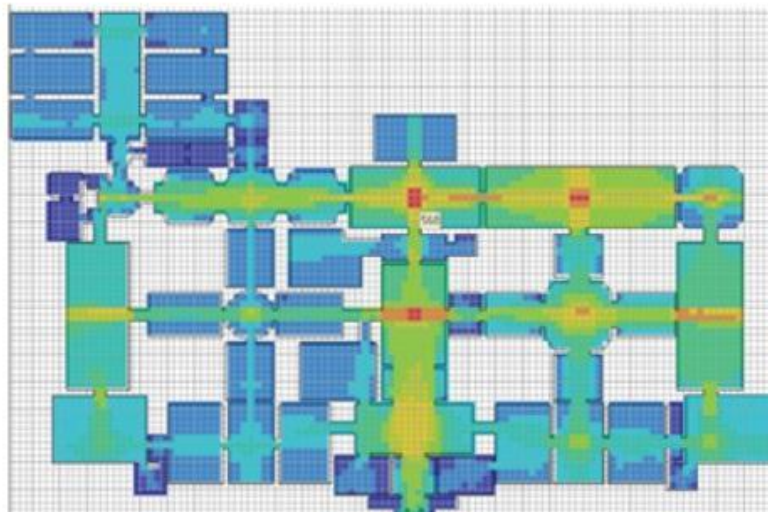


Figura 6.7. Mapa VAG (Visibility Analysis Graph). Fuente: Al Sayed et al., 2014

Mediciones y parámetros

Todos los grafos/mapas podrán estudiarse en base a diferentes mediciones y parámetros, según las propiedades que se quieran estudiar en cada caso. La realización de estas mediciones requerirá generalmente de una elevada capacidad de cómputo, por lo que las herramientas digitales resultan prácticamente imprescindibles para esta tarea. A continuación estudiaremos algunos de los parámetros básicos calculables a través del software "Depthmap X":

- Profundidad e integración -> Una de las mediciones más importantes que se pueden realizar en los tres tipos de mapas es el cálculo de la "profundidad", que se define como *"the least number of syntactic steps –or shortest topological distance- in a graph that are needed to move from one space to the other"*. (Al Sayed et al., 2014; 12). La medición se realiza calculando la profundidad desde un punto hasta todos los demás del grafo, y así para cada punto.

Otro parámetro directamente relacionado con la profundidad es la “integración”, que básicamente medirá lo mismo aunque de una manera ponderada, para evitar que el tamaño del grafo afecte a la medición. La integración, por lo tanto, es un valor que puede ser comparado en grafos con diferente número de nodos/tramos. Este parámetro, a su vez, será uno de los más utilizados a la hora de predecir el movimiento en los espacios arquitectónicos y urbanos, ya que los espacios más integrados tienden a identificarse con zonas transitadas y públicas, mientras que los menos integrados serán generalmente más inaccesibles y privados.

-Conectividad e Inteligibilidad -> Otro parámetro interesante es la conectividad, que mide el número de vecinos inmediatos con los que se conecta directamente un espacio. Asimismo, la correlación entre la conectividad y la integración global de un grafo se conoce como “inteligibilidad”, y su valor determina la capacidad de inferir la estructura global de la configuración a partir de la posición local.

-Análisis Angular-> Anteriormente hemos dicho que la gente tiende a moverse en línea recta, lo cual equivale a decir que se mueve minimizando el ángulo de giro. El análisis angular consiste en calcular (acumulativamente) el ángulo de giro que se produce al pasar de un tramo a otro del mapa, y ha demostrado ser una de las herramientas más eficientes a la hora de describir la elección de rutas por parte de los peatones. Tal y como indican Hillier e Iida, *“Angular analysis was found to correspond well with spatial navigation and wayfinding, since users are likely to minimise cognitive distance as they walk through a foreign environment”* (Hillier & Iida, 2005/ Al Sayed et al., 2014; 73). Algunos de los parámetros o mediciones más relevantes en este tipo de análisis serán, por ejemplo, el cálculo de los “caminos con menor variación angular”, o la “profundidad angular”, dada una vez más por la suma de los ángulos acumulados en todos los tramos del mapa.

-Análisis Métrico-> Una de las críticas a la primera SE era la no consideración de factores métricos, es decir, la exclusión de factores relacionados con las medidas y distancias reales existentes en el trazado urbano. Hillier y Penn explicarán las razones de esta medida afirmando que *“as soon as topological measures of an axial map are weighted by, say, length of segment, the integration pattern resulting from configurational analysis will always focus on the geometric centre of the system (...)”* (Hillier & Penn, 2004). El excesivo protagonismo otorgado a las zonas centrales desvirtuaría así el resto de parámetros, que perderían gran parte de su potencial descriptivo. Actualmente, sin embargo, se han descubierto otras maneras de introducir los factores métricos de una manera más productiva, como por ejemplo a través del factor “radio”. Así, la medida “Integración Radio 400m” calculará el valor de la integración de cada elemento considerando únicamente los tramos englobados dentro de un radio de 400m respecto de dicho elemento. Esta medición es especialmente útil para explicar fenómenos de carácter local, ya que la distancia de 400m equivale, por ejemplo, a cinco minutos caminando, la distancia 800m a 5 mins en coche por un centro urbano, etc.

C_La correspondencia entre Configuraciones Físicas y Fenómenos Urbanos. Deducción de criterios y principios prácticos

Tal y como afirma Hillier, existe una correspondencia entre la configuración física de los espacios y las dinámicas sociales que acontecen en los mismos. La configuración espacial influye sobre los patrones de movimiento de la gente, y de esta manera condiciona o dirige el surgimiento de determinados fenómenos sociales. Estas afirmaciones vendrán respaldadas por comprobaciones empíricas, contrastando los datos teóricos obtenidos del análisis configuracional con datos reales obtenidos de la observación de fenómenos in situ ⁹.

Gracias a la infinidad de estudios realizados durante las ya más de tres décadas de desarrollo de la SE, se ha ido generando un corpus de conocimiento cada vez más amplio sobre los rasgos configuracionales y sociales de las ciudades. Hillier hablará de “regularidades no-discursivas” (Hillier, 1996; 110) para referirse a estas propiedades o fenómenos genéricos que parecen estar presentes en la mayoría de asentamientos y núcleos urbanos. A continuación describiremos algunos de los más destacados:

La integración y la actividad urbana

Tal y como se ha indicado anteriormente, los espacios con mayor integración se corresponden con zonas más transitadas y concurridas, convirtiéndose en lugares especialmente aptos para la ubicación de tiendas y comercios, usos públicos, etc. (Hillier, 1996; 125). Esto a su vez tenderá a generar un efecto multiplicador (bucle positivo), de modo que los lugares más transitados atraen cada vez más negocios, convirtiéndose así en lugares cada vez más transitados, y así sucesivamente.

Las zonas integradas también servirán como foco de atracción para los espacios de descanso y reposo, ya que, según los estudios desarrollados por Hillier y el Space Syntax Laboratory, los usuarios prefieren situarse en zonas desde las que se ve tránsito de gente. Esto quiere decir que las posiciones más adecuadas serían aquellas próximas a las líneas más concurridas, aunque siempre en una posición adyacente, sin generar interferencias (Hillier, 1996; 123).

⁹ En el documento “Space Syntax Methodology” (Al Sayed et al.2014) se hace referencia a diferentes técnicas de observación, como por ejemplo “Gate counts, static snapshots, movement traces, people following, ethnographic observations, etc”. Algunos autores como Carlo Ratti plantean la posibilidad de ampliar estas técnicas de observación con métodos más sofisticados tecnológicamente, como puede ser por ejemplo el rastreo de la actividad de los teléfonos móviles, un ejercicio que ya ha aplicado en numerosas ocasiones con su grupo de investigación MIT Senseable City Lab.

La Inteligibilidad urbana y la relación entre fenómenos locales y globales

La inteligibilidad urbana se define como la capacidad de inferir la estructura global de la ciudad a partir de posiciones locales. Para que esto sea posible, es importante que el entramado de calles local se conecte de algún modo a ejes globales, a calles más integradas que permitan establecer un vínculo entre esas áreas locales y partes más amplias de la ciudad.

Para los arquitectos M. Greene y R. Mora, esta correspondencia entre estructuras locales y globales puede verse claramente reflejada en las ideas de C.Alexander, el cual afirma que *“es en esta sutileza donde reside el encanto de las ciudades, pues son capaces de generar la paradójica sensación de estar habitando realidades locales y globales en forma simultánea. Esto se produciría debido a un sofisticado mecanismo espacial que involucra un particular traspaso entre vías de primer orden a vías de segundo y tercer orden”* (Greene & Mora, 2011). Bill Hillier reforzará esta idea a través de diversos estudios y textos, como por ejemplo el artículo *“Spatial Sustainability in Cities”*, en el cual defiende la creación de jerarquías y transiciones sutiles en el trazado urbano, generando múltiples centros conectados entre sí en las diferentes escalas. Hillier introducirá el término *“pervasive centrality”* para hablar de este fenómeno, vinculándolo a su vez con la idea de sostenibilidad urbana: *“We believe that this intricate pattern of centres at all scales is potentially a vital component of spatial sustainability, for the very simple reason that it means that wherever you are you are close to a small local centre and not far from a much larger one”* (Hillier, 2009). Estas afirmaciones estarán conectadas a su vez con la idea de *“ciudad fractal”* proclamada por autores como M.Batty (Batty & Longley, 1994) o N.Salingaros (Salingaros, 2005), entre otros.

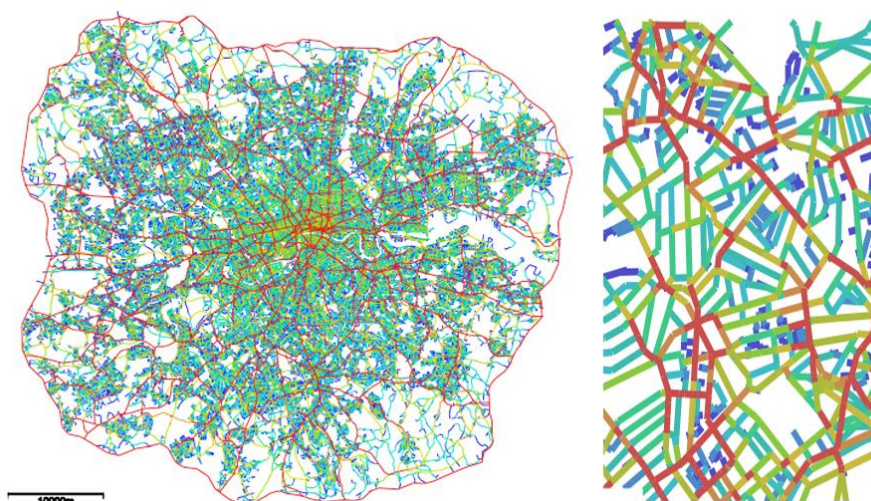


Figura 6.8. Mapa axial de Londres: ejemplo de trazado urbano con múltiples centros distribuidos en las diferentes escalas Fuente: Hillier, imágenes extraídas de la ponencia para el 21 Seminario internacional sobre Forma Urbana (ISUF), celebrado en Oporto en el año 2014. <http://isuf2014.fe.up.pt/Hillier.pdf>

Esta conexión entre patrones locales y globales posibilitará el surgimiento de entornos de interacción diversos y variados, caracterizados por la proximidad y la mezcla entre diferentes tipos de actividades (comercios en las calles más integradas y usos residenciales en el resto de la trama) y de agentes sociales (visitantes esporádicos y habitantes locales). Asimismo, los espacios con mayor inteligibilidad suelen identificarse como las zonas más seguras dentro de la ciudad, a diferencia de los espacios segregados, en los cuales tienden a concentrarse las mayores tasas de criminalidad y de inseguridad ciudadana. (Awtuch, 2009: Listerborn, 1999...)

Tipos de tramas y su influencia sobre los fenómenos urbanos

Las ciudades pueden estructurarse según diferentes tipos de tramas, las cuales podrán variar entre los modelos de carácter orgánico y las tramas geometrizadas (tipo damero). Tal y como indican Scellato y otros (Scellato et al., 2006), cada modelo tenderá a favorecer determinados objetivos o fines: *“los patrones orgánicos están más orientados a poner las cosas y las personas en contacto en el espacio público que a acortar los viajes desde y hacia cualquier destino en el sistema, lo cual es más prioritario en las ciudades planificadas”*.

En un punto intermedio entre ambos estará lo que Hillier describe como el modelo de “rueda de carreta” (“deformed wheel”), un modelo urbano presente en numerosas ciudades del mundo y que está formado básicamente por un núcleo central y un anillo perimetral, ambos conectados a través de diversos ejes radiales. Evidentemente esta es la estructura global del sistema, la cual se completará con los clusters o entramados locales. Esta tipología, que puede surgir bien naturalmente o de manera planificada, manifestará un cierto equilibrio entre ambos modelos, permitiendo comunicaciones claras y eficientes a nivel global así como conexiones intensas en la escala local.

La mayoría de trazados urbanos presentarán ciertas invariantes, ciertas propiedades constantes, como por ejemplo la existencia de *“small number of long lines and a large number of short lines”* (Hillier, 2002), siendo ésta una característica propia de las estructuras fractales (Salingaros, 2005). Las líneas cortas serán las responsables de las conexiones locales, mientras que las líneas largas permitirán conectar los clusters locales con la estructura global. Dependiendo de cómo se ubiquen estas líneas, las ciudades podrán tener diferentes índices de integración global, presentando en algunos casos una estructura de “mundos pequeños” (Salingaros, 2005). Este fenómeno, especialmente popular en el ámbito de las redes sociales, hará referencia a *“redes en las que la mayoría de nodos no son vecinos entre sí, pero pueden conectarse con cualquier otro nodo origen a través de un número relativamente corto de saltos entre ellos”*¹⁰. En el caso urbano, esto equivaldrá a

¹⁰ Definición extraída de Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_mundo_pequeño

estructuras con un alto grado de integración global, considerándose como un efecto deseable en el desarrollo del tejido urbano

Comentarios generales

Las “regularidades” descritas en el presente apartado pueden considerarse como leyes genéricas del movimiento en la ciudad, leyes que al mismo tiempo pueden ser utilizadas para estudiar fenómenos más complejos y específicos de cada lugar, como por ejemplo las tasas de crimen, los patrones migratorios, el grado de difusión y éxito de diferentes usos urbanos, etc. La sintaxis del espacio constituye por lo tanto una importante herramienta para la teorización y también para el estudio práctico, pudiendo volcar su potencial sobre fenómenos y enclaves específicos.

D_La Sintaxis Espacial y la evolución de los entornos arquitectónicos y urbanos. Hacia una visión sintética de la sintaxis espacial

Los análisis de SE son análisis estáticos, aunque parte de su interés reside en su capacidad para describir procesos dinámicos como el movimiento de la gente en el interior de edificios o ciudades. Esto quiere decir que la SE puede servir para describir la evolución de los entornos arquitectónicos y urbanos, o al menos para intuirlos en base a criterios objetivos. A continuación veremos algunos conceptos y propuestas vinculadas a esta dimensión temporal y evolutiva de la SE:

Programas generativos y conservativos

Las configuraciones espaciales afectan a la interacción entre personas, al imponer o fomentar determinados patrones de copresencia. Podemos decir que las configuraciones introducen restricciones a un campo de posibilidades inicialmente infinito. En algunos edificios estas restricciones tienden a ser muy elevadas, como por ejemplo en un juzgado, controlando minuciosamente la interacción entre los diferentes usuarios del edificio. Este tipo de configuraciones estarán destinadas a conservar y reflejar claramente el uso específico del edificio, dando lugar a lo que Hillier denomina como “programas conservativos” (Hillier, 1996; 201). Lo opuesto serán los “programas generativos, los cuales fomentarán la libre interacción entre los usuarios, estableciendo solamente algunas restricciones mínimas. Este tipo de programas facilitarán la emergencia de nuevas relaciones y procesos sociales, impulsando así la evolución y transformación de los espacios. El espacio urbano generalmente tiende a identificarse como un programa generativo.

La “Ciudad Genérica”

Hillier y sus colegas utilizarán las leyes y recurrencias observadas a través de los diferentes análisis de SE para tratar de descubrir un genotipo urbano universal, es decir, una serie de leyes básicas que sean capaces de describir el surgimiento y desarrollo de cualquier asentamiento urbano. Hillier afirmará que *“there exists a fundamental settlement process, which is more or less invariant across cultures, and that spatial cultures are parameterisations of this process”* (...) (Hillier, 1996, 264). Así, los integrantes del Space Syntax group confiarán en la existencia de una “ciudad fundamental”¹¹, que podrá derivar en diferentes manifestaciones concretas según las singularidades y costumbres culturales de cada enclave.

La investigación de estas leyes fundamentales constituirá una tarea constante a lo largo de las más de tres décadas de desarrollo de la SE, habiéndose formulado diferentes principios e hipótesis sobre los posibles mecanismos de esta ciudad genérica. En el apartado anterior ya hemos visto algunas leyes básicas relativas al movimiento de la gente en las tramas urbanas, aunque el propósito en este caso será transformar esas evidencias en leyes generativas, es decir, en fórmulas o algoritmos que sirvan para programar el crecimiento urbano.

Uno de los algoritmos o principios más relevantes en este aspecto es el que Hillier denomina como “centrality and extension”: *“do not block a longer alignment if it is possible to block a shorter alignment”* (Hillier, 2002). La adopción de esta simple regla generativa permitirá emular diversos tejidos urbanos orgánicos, especialmente aquellos de carácter orgánico y espontáneo. Cabe señalar además que esta ley, pese a su aparente simplicidad, condensa y sintetiza muchos de los criterios vistos anteriormente, como la búsqueda de visuales lo más profundas posibles, minimización del radio de giro en los desplazamientos, etc. Esta ley se verá complementada a su vez por otras leyes y propuestas elaboradas por autores como Kinda Al-Sayed (equidistancia entre clusters locales), Conroy Dalton (altas tasas de legibilidad y sinergia entre escala local y global), etc. (Al Sayed, 2013)

Cabe señalar que todas estas leyes hacen referencia a tendencias “naturales”¹², leyes genéricas que sin duda guían el desarrollo de las ciudades pero que también pueden ser alteradas o invalidadas puntualmente por agentes externos como por ejemplo decisiones políticas, fenómenos económicos, etc. Así pues resultará necesario tener presente siempre los potenciales y limitaciones de esta propuesta.

¹¹ El noveno capítulo del libro *Space is the machine* lleva por título “The Fundamental City” y describe los mecanismos y leyes de esta supuesta “ciudad genérica”.

¹² *“Natural movement is the proportion of movement on each line that is determined by the structure of the urban grid itself rather than by the presence of specific attractors or magnets”* (Hillier, 1996, 120)

6.4.3 Casos de estudio

Más allá de los aportes teóricos, la SE es ante todo una herramienta práctica al servicio de todas aquellas disciplinas vinculadas al estudio de los fenómenos espaciales, como es el caso de la arquitectura y el urbanismo, la geografía, la arqueología, antropología, etc.¹³. Asimismo, el abanico de casos estudiados a través de la SE es cada vez más amplio y diverso, lo cual queda reflejado en la infinidad de estudios y papers que se presentan constantemente a las publicaciones y congresos vinculados a esta herramienta.

La mayoría de estudios surgen principalmente en el ámbito académico, aunque es importante señalar la creciente incorporación de estas herramientas al ámbito profesional, como parte importante en el desarrollo de diferentes proyectos arquitectónicos y urbanos. El Space Syntax Group de la UCL, por ejemplo, dispondrá de un área enfocada a la práctica profesional, desarrollando sus propios proyectos así como colaboraciones con otras oficinas de arquitectura, entre las cuales se encontrarán firmas de primera línea como por ejemplo Foster + Partners, Rogers Stirk Harbour + partners, SOM, Atelier Jean Nouvel, etc. Este grupo de trabajo, constituido como empresa profesional bajo el nombre de Space Syntax Limited, participará en una amplia variedad de proyectos arquitectónicos y urbanos aplicando un enfoque que ellos mismos describen como “Science-based, Human-focused”¹⁴, a través del cual buscarán impulsar un diseño creativo a la par que riguroso y sensible con las dinámicas urbanas de cada enclave.

Para poder poner en práctica estos propósitos, el grupo Space Syntax desarrollará una metodología de trabajo clara y constante en todos sus trabajos, consistente en:

- 1_Modelar el contexto (arquitectónico/urbano) y analizar sus características configuracionales aplicando la herramientas de SE (Depthmap X, etc.)
- 2_Estudiar los flujos y las dinámicas urbanas reales, contrastándolas con los resultados obtenidos en el análisis previo. De esta manera se pueden validar los resultados del análisis y elaborar un diagnóstico previo que facilite la posterior generación de propuestas.
- 3_Creación de diferentes propuestas y evaluación de las mismas a través de los análisis de SE. Los resultados inspirarán a su vez nuevas ideas y

¹³ El antropólogo Carlos Reynoso, en su libro “*Análisis y Diseño de la Ciudad Compleja*”, citará trabajos de profesionales pertenecientes a diferentes ramas, destacando especialmente los trabajos relacionados con la arqueología (Reynoso, 234)

¹⁴ “Science-based, Human- focused” es el lema de Sapce Syntax Ltd.

alternativas que se seguirán evaluando hasta llegar a un resultado satisfactorio.¹⁵

A continuación veremos cómo se aplican estos pasos en el desarrollo de proyectos específicos en la escala arquitectónica y urbana:

Caso de estudio a escala arquitectónica: estudios para la ampliación de la “Tate Britain”

En primer lugar cabe señalar que el grupo Space Syntax ha participado en numerosos proyectos de carácter arquitectónico, asesorando sobre la organización espacial en edificios vinculados al ámbito comercial, edificios de oficinas, centros docentes, sanitarios, museos, etc. En el presente apartado nos centraremos en el proyecto de ampliación del museo “Tate Britain” de Londres, desarrollado conjuntamente por la oficina de arquitectos Allies and Morrison y el grupo Space Syntax. Este proyecto, que al final quedó detenido en la fase de estudio, consistía en añadir nuevas salas de exposición y un patio de esculturas al museo ya existente, para lo cual se plantearon y valoraron diferentes alternativas de diseño.

Como siempre, el primer paso consistió en analizar la configuración existente en el edificio, estudiando diferentes parámetros y comparándolos con las observaciones realizadas in situ. Para ello se desarrollaron, entre otros estudios, el mapa VAG reflejado en la imagen adjunta, así como el monitoreo del movimiento real de las personas en más de 300 puntos del museo en diferentes horas y épocas del año. Ambos estudios mostrarán un alto grado de correspondencia, describiendo un museo que se transita principalmente por su eje de entrada y que posteriormente deriva hacia los laterales, siendo el lado izquierdo el que presenta un mayor grado de integración visual y por lo tanto de tránsito de visitantes.

Partiendo de esta base, se plantearán tres posibles escenarios, tres alternativas con configuraciones notablemente diferentes entre sí. Tal y como se puede comprobar en las imágenes adjuntas, el primer caso plantea un nuevo edificio semi-exento y conectado a través de un corredor con la “Clore Gallery”; la segunda opción contempla la colocación de diversas salas adosadas a la fachada lateral del museo junto con un pequeño edificio semi-exento; mientras que la tercera contempla la colocación de salas adosadas en esa misma fachada lateral, aunque generando espacios serán más amplios y conectados entre sí. Tal y como lo demuestran los análisis de VGA, la tercera opción será la que arroje mejores resultados en integración y legibilidad, llegando incluso a revertir la tendencia actual del museo, atrayendo mayor número de visitantes hacia el ala derecha. Los análisis de SE muestran así el

¹⁵ Gran parte de las charlas y conferencias impartidas por los miembros del grupo Space Syntax hacen referencia explícita a este método y a los pasos descritos en el presente apartado.

comportamiento de los visitantes tanto a nivel local como general, ofreciendo una visión clara y objetiva de los efectos sociales que provocarían cada una de las alternativas de diseño.

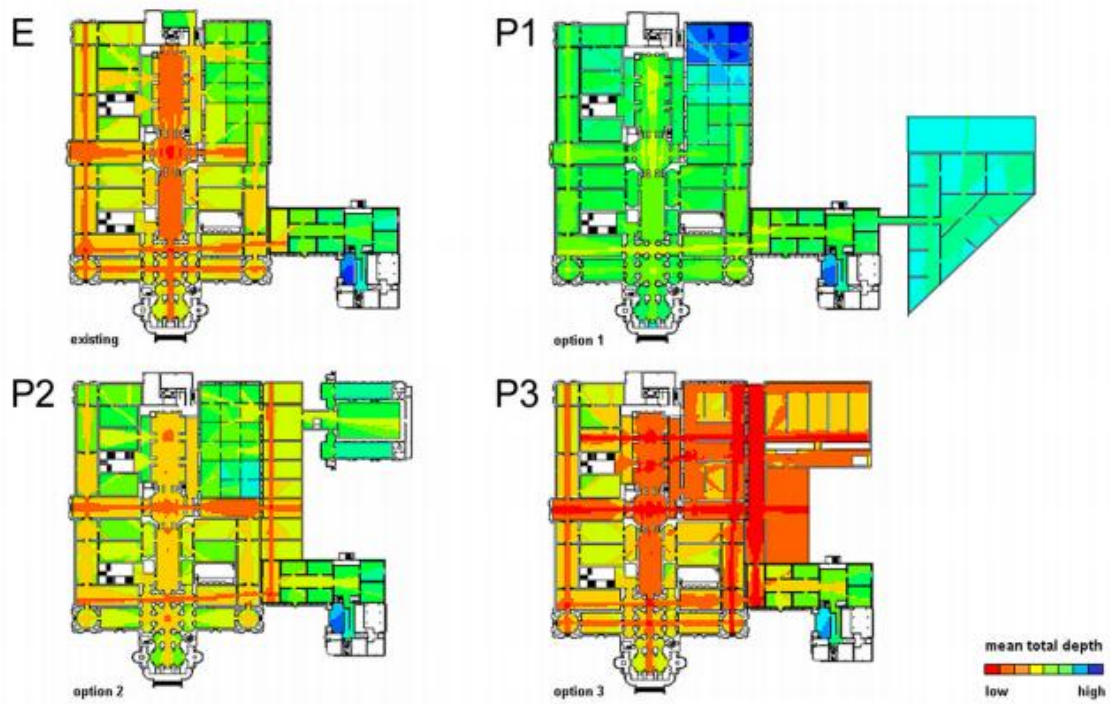


Figura 6.9. Análisis de VAG de diferentes opciones de diseño para la ampliación de la Tate Britain. Fuente: Dursun, 2007

Caso de estudio a escala urbana: Estudios para un nuevo asentamiento en Dubai Creek

Los trabajos de Space Syntax a escala urbana irán desde la remodelación de plazas y espacios públicos hasta planes urbanos y regionales. Dentro de la primera categoría destacarán principalmente las colaboraciones con otros equipos de diseño, como por ejemplo el proyecto para la remodelación de Trafalgar Square, desarrollado junto a Foster+ Partners, o la reforma de la plaza del antiguo mercado de Nottingham, asesorando en este caso a la oficina de paisajistas Gustafson Porter, entre muchos otros. En el presente apartado, sin embargo, nos centraremos en el estudio de proyectos de mayor envergadura y complejidad, ya que es donde mejor se reflejan las potencialidades de las técnicas y herramientas de SE.

A continuación ejemplificaremos un proceso de diseño similar al visto en el apartado anterior pero aplicado a la escala urbana. Para ello recurriremos a los estudios realizados por el equipo Space Syntax para la ciudad de Dubai, con el

propósito de diseñar un nuevo asentamiento urbano en la zona conocida como Dubai Creek.

Dentro de este estudio se valorarán diferentes supuestos y opciones de diseño, partiendo por el análisis de una propuesta preexistente para la zona, la cual demostrará importantes carencias en lo que respecta a la conectividad y la integración. Posteriormente se planteará una solución típica, la trama en damero, conectada en la medida de lo posible a las vías de comunicación de su entorno. El análisis de la integración y la accesibilidad a partir de mapas axiales SE demostrará un mejor comportamiento, aunque todavía alejado de los estándares de integración deseados. Esto llevará a ensayar trazados más irregulares y adaptados a las singularidades de su entorno, tal y como se puede ver en las imágenes adjuntas. El comportamiento de estos trazados a nivel de integración y conectividad ya no es tan evidente, y es por ello que la SE se convierte en una herramienta fundamental para poder evaluar y seleccionar las opciones de una manera más objetiva y precisa.

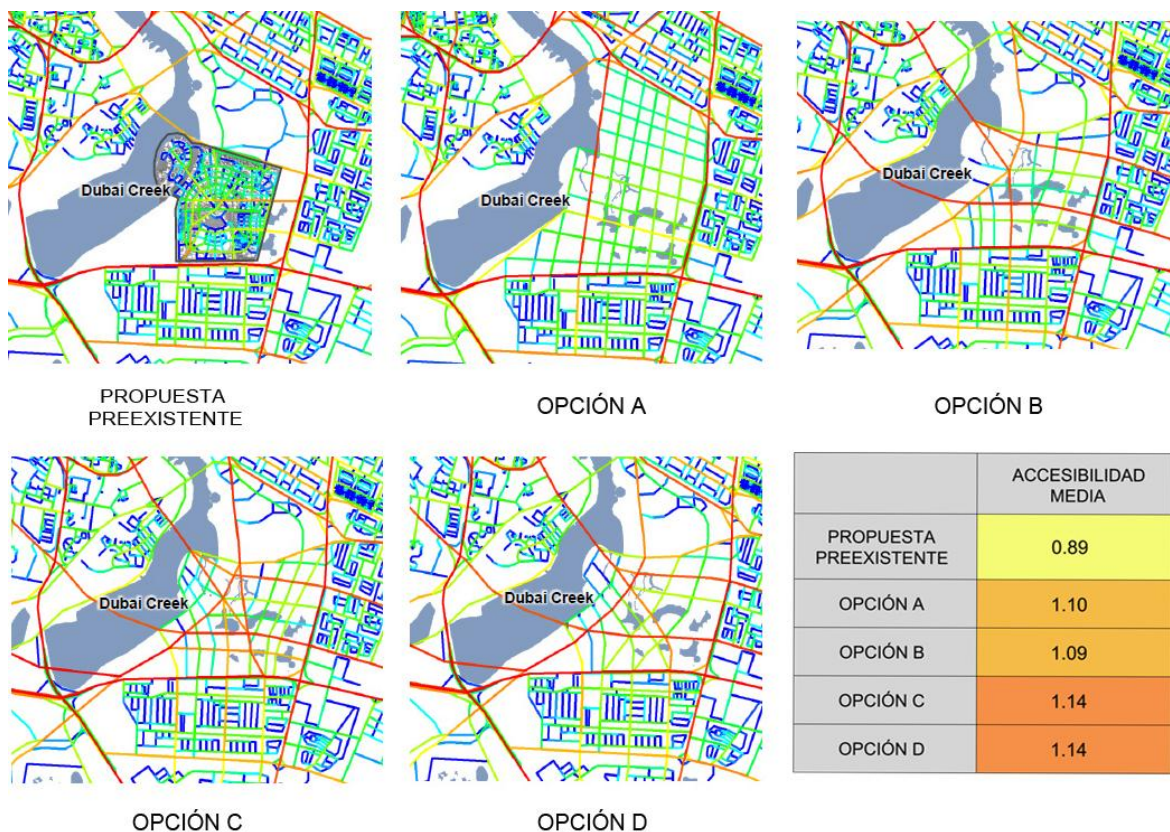


Figura 6.10. Análisis de diferentes opciones de diseño para un nuevo asentamiento en Dubai Creek. Fuente: HILLIER, 2014

Casos de estudio a escala urbana y territorial: Plan Estratégico de Jeddah

Para finalizar estudiaremos la aplicación la SE en una escala todavía mayor, demostrando su validez para analizar y evaluar el comportamiento de ciudades enteras. Para ello nos basaremos en el plan estratégico para la ciudad de Jeddah (Arabia Saudita), desarrollado por el grupo Space Syntax Ltd. entre los años 2006 y 2008. El principal propósito de este proyecto consistirá en revitalizar el centro histórico de la ciudad, cuyo protagonismo se ha visto mermado con el crecimiento de la ciudad hacia otros sectores. En las imágenes adjuntas se puede ver parte del diagnóstico, basado en diagramas axiales que muestran la integración del tejido del centro urbano considerando diferentes radios de influencia. Los diagramas muestran claramente cómo a medida que se aumenta el radio, la integración del centro urbano va decreciendo, lo cual quiere decir que nos encontramos ante un tejido localmente activo e integrado, pero que no consigue mantener ese carácter en una escala más global.

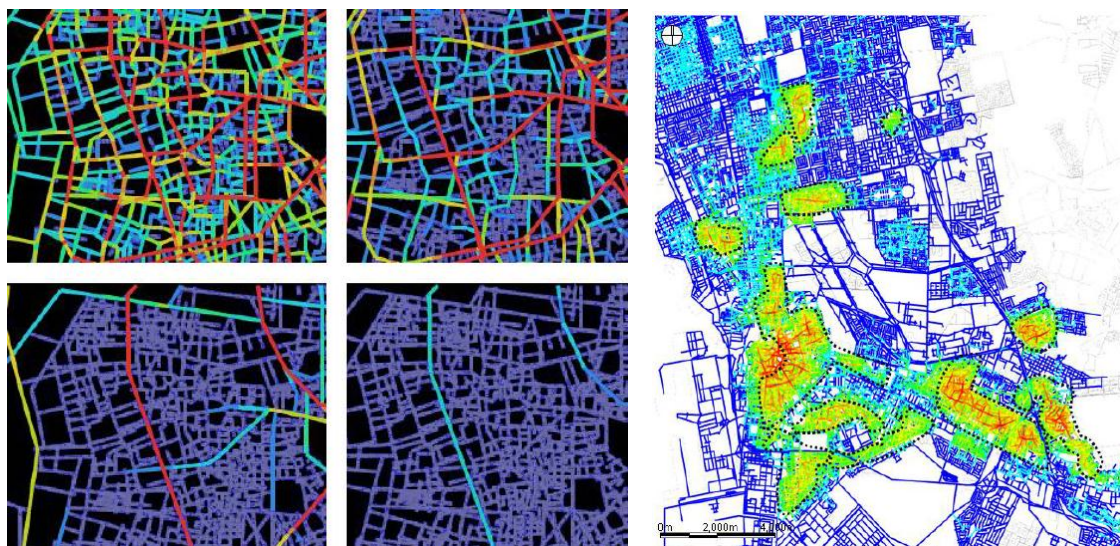


Figura 6.11. Izquierda: Análisis del factor de integración de un mismo trazado en base a diferentes radios de influencia (400, 2.000, 10.000). Se puede comprobar cómo a medida que se consideran mayores escalas, la integración disminuye. Derecha: Clusters locales en las proximidades del centro histórico de Jeddah. Fuente: Hillier, Stonor, Karimi, 2008.

Los gráficos adjuntos demuestran que Jeddah es una ciudad formada por clusters o barrios activos pero escasamente conectados entre sí a escala global. Gran parte de este problema se debe a la presencia de “slums” o asentamientos informales entorno al centro urbano, los cuales impiden que las diferentes partes de la ciudad se conecten adecuadamente.

En la figura 12 se muestra un esquema de intervención en las zonas de slums, en el cual se evidencia el deseo de intervenir de la manera más respetuosa y eficiente posible, es decir, actuando únicamente sobre zonas clave, a fin de lograr el

mayor efecto transformador con la menor intervención posible. Para ello primeramente se detectarán las zonas más integradas y activas de cada slum (nuevamente mediante análisis de SE), para posteriormente conectarlas a las principales vías de comunicación a nivel urbano. La idea es que esta medida genere mayores tasas de actividad en la zona, de modo que el resto del tejido urbano se vaya transformando y regenerando progresivamente de manera natural y espontánea.

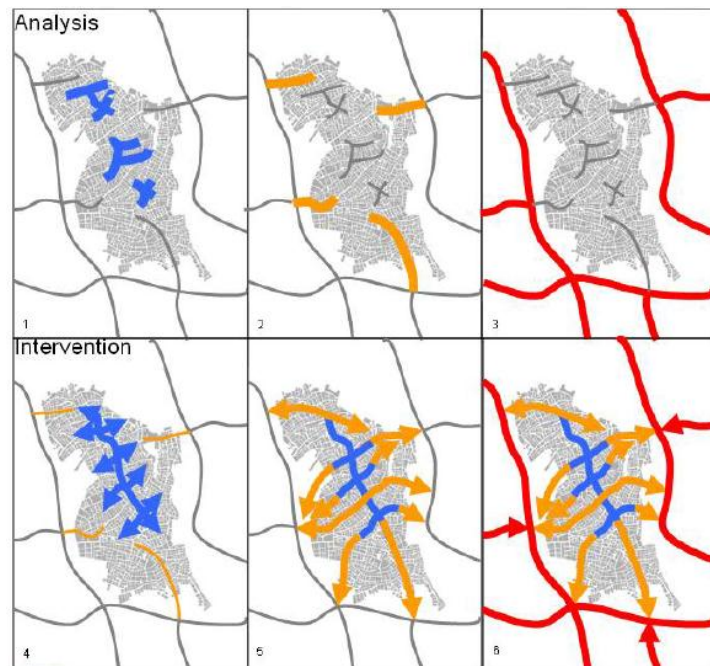


Figura 6.12. Estrategia de intervención en los “slums” y en el centro histórico de Jeddah
Fuente: Hillier, Stonor, Karimi, 2008

Estas medidas se verán complementadas a su vez con la mejora de las vías generales de comunicación y el desarrollo de nuevos asentamientos en zonas desocupadas, dando lugar a un plan estratégico que mejorará la integración y conectividad general de la ciudad, revitalizando el centro histórico y recuperando su protagonismo como foco de actividad. Las mejoras logradas a través de este plan estratégico se verán claramente reflejadas en las imágenes adjuntas, donde se puede ver cómo el centro histórico se tiñe de rojo y amarillo, colores vinculados a mayores tasas de integración y conectividad.

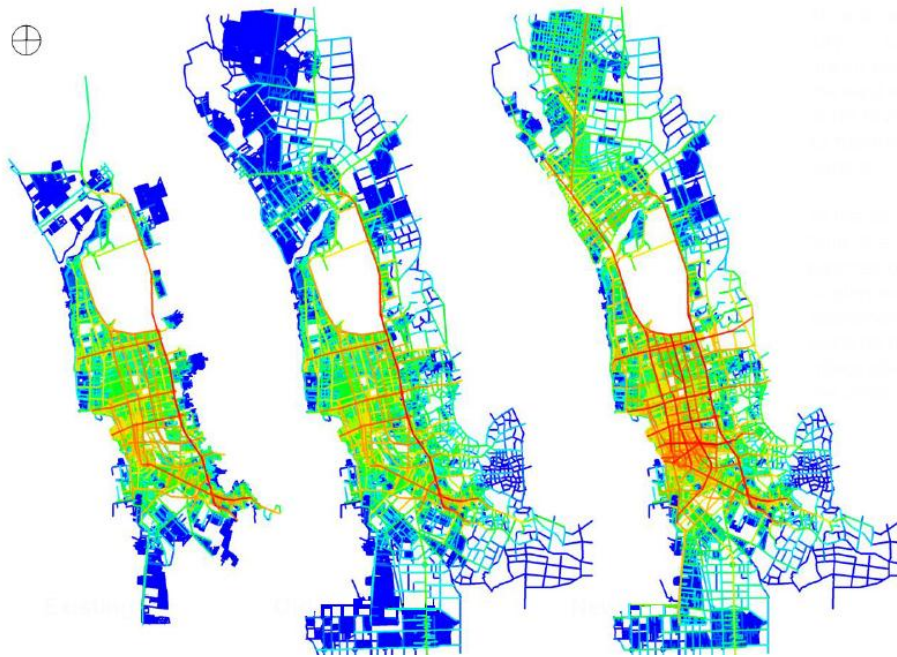


Figura 6.13. Análisis axial y cálculo de la integración en la ciudad de Jeddah. De izquierda a derecha: ciudad actual, plan urbano considerado por las entidades locales, plan urbano propuesto por Space Syntax Ltd. Fuente: Hillier, 2014

6.4.4 Valoración crítica

La teoría de la sintaxis espacial y sus métodos asociados constituyen sin duda un importante aporte para la comprensión socio-espacial de la ciudad, aunque también ha sido foco de numerosas críticas por parte de la comunidad arquitectónica así como por profesionales de disciplinas afines. A continuación estudiaremos algunos de los puntos más relevantes:

¿Una visión de la ciudad excesivamente reduccionista?

Tal y como indica C. Reynoso, la teoría de la sintaxis espacial ofrece un marco metodológico y analítico útil y productivo con una gran economía de medios, a diferencia de las tradicionales teorías sociológicas y antropológicas, cuyas descripciones exhaustivas no llegan a ofrecer herramientas realmente prácticas para el estudio de los fenómenos socio-espaciales de la ciudad. Así pues, podemos decir que la simplicidad es una de las grandes virtudes de la SE, aunque también constituye su principal fuente de crítica, ya que muchos autores consideran que la SE ofrece una visión excesivamente reduccionista de la ciudad. Al centrarse casi exclusivamente los aspectos configuracionales y topológicos, la SE descarta muchos otros factores de

carácter morfológico y funcional que habitualmente se consideran fundamentales para describir y comprender el verdadero funcionamiento de las ciudades.

El arquitecto italiano Carlo Ratti, por ejemplo, denunciará la ausencia de consideraciones relativas a la tridimensionalidad del tejido urbano (Ratti, 2003) o a sus patrones de uso. Tal y como indica Ratti, *"la ciudad no está cargada igualmente en todos sus puntos "* (Ratti, 2003), y los esquemas axiales de la sintaxis espacial tienden a obviar este aspecto. La altura de las edificaciones, por ejemplo, afectará tanto a la percepción sensorial de la ciudad como a su funcionamiento, ya que mayores alturas se corresponderán generalmente con mayores tasas de actividad. Así pues, Ratti reclama la implementación de nuevos métodos y herramientas para poder suplir estas carencias y construir una visión más completa de la realidad urbana.

El arquitecto brasileño V. Netto, por su parte, señalará la exclusión de aspectos relacionados con la dimensión semántica de la ciudad (Netto, 2015), ya que la teoría de la sintaxis espacial obvia, por ejemplo, la existencia de hitos o puntos singulares en el interior de la trama urbana. Nos referimos así a puntos dotados de un significado especial a nivel simbólico y cultural, puntos que sin duda afectarán a la manera de entender y habitar la ciudad.

Más allá de estos dos casos concretos, existirán muchas otras críticas y reivindicaciones en esta misma línea, es decir, solicitando la consideración de nuevos factores que amplíen la imagen ofrecida por la sintaxis espacial. Cabe señalar que ya existe un amplio sector trabajando en esta línea, aunque también existirán autores más comprometidos con la SE "clásica", centrada principalmente en los aspectos configuracionales y topológicos. Este será el caso de autores como B. Hillier o A. Penn, los cuales defenderán la validez de la teoría configuracional y su capacidad para explicar muchos de los fenómenos señalados por el sector crítico. Según Hillier y Penn (Hillier & Penn, 2004), los edificios con mayores alturas, los hitos y los sectores con mayor actividad tenderán a concentrarse naturalmente en las calles y nodos más integrados de la ciudad, por lo que todos estos fenómenos serán coherentes con las predicciones arrojadas por el análisis configuracional. Asimismo, en algunos estudios desarrollados por el Space Syntax Laboratory (Penn et al. 1998) se demostrará que los aspectos configuracionales tienen un mayor peso sobre los flujos urbanos que otros aspectos morfológicos como por ejemplo la altura de los edificios o los anchos de calle, entre otros. En cualquier caso, la validez de las ideas configuracionales y su aplicabilidad a todo tipo de contextos es un tema que sigue generando debate y parece acompañará permanentemente a la teoría de la sintaxis espacial.

Limitaciones y alcance de la SE

Para poder valorar en su justa medida las aportaciones de la SE, primeramente será necesario revisar cuáles son los verdaderos objetivos y aspiraciones de esta teoría, así como sus limitaciones. Tal y como indica V. Netto, muchos autores piden a la teoría de la sintaxis espacial más de lo que ésta busca ofrecer. Así, Netto afirma que la SE no es originalmente *"a theory of the city should be capable of explaining what the city is and its forms of transformation"* (Netto, 2015). Efectivamente esto requeriría de métodos y herramientas mucho más amplios que fuesen capaces de medir fenómenos temporales, efectos no-lineales en la evolución de las ciudades, aspectos morfológicos, etc. Tal y como se ha indicado a lo largo del presente capítulo, la SE no plantea relaciones deterministas ni descripciones exhaustivas de la realidad urbana, sino que simplemente describe y predice posibles tendencias, campos de posibilidad. La teoría de la SE sugiere a su vez posibles vías de evolución urbana aunque siempre desde un punto de vista genérico, aplicando las leyes naturales de la evolución socio-espacial descritas anteriormente. La realidad urbana, sin embargo, está sujeta a muchos otros fenómenos externos como las medidas políticas, las tendencias macroeconómicas, etc. que pueden provocar alteraciones en este orden natural teórico y generar variaciones que la SE no podrá explicar. Así pues, es importante conocer los alcances y limitaciones de esta teoría.

En todo caso, será necesario preguntarse también sobre la evolución de la SE y sus aspiraciones futuras. Sin duda todavía hay aspectos por investigar en el campo del análisis configuracional y su correspondencia con fenómenos urbanos reales, aunque cabe preguntarse si la teoría debe quedar anclada en estos límites. V. Netto, en el artículo *"Reflections on space syntax as a sociospatial theory"* se pronunciará sobre esto, indicando que *"theories that fail to interact with other ideas in circulation and with newer views tend to be superseded"*, apostando así por una cierta apertura hacia nuevos horizontes; *"given the closure of the syntactic concept of space in its physical dimension, the core of the theory may be required to transform itself. In this case there would be a need to open up methodological aspects to connections with other concepts and to incorporate at least partially other dimensions of the urban and the sociospatial"* (Netto, 2015). Tal y como indicábamos anteriormente, existe ya un importante grupo de profesionales trabajando ya en esta línea, pudiendo destacar a autores del propio Space Syntax Group como K.Al-Sayed, A. Turner, S.Hanna, T.Varoudis, etc., así como profesionales de otros grupos de investigación como Carlo Ratti, director del MIT Senseable City Lab, o Michael Batty, director del grupo CASA, cuyas propuestas explicaremos con mayor profundidad en el próximo apartado.

En resumen, podemos decir que la SE plantea una evolución simultánea en el desarrollo de sus principios fundacionales, basados en el análisis configuracional y topológico, así como en la exploración de nuevos horizontes y técnicas que permitan conectarla con planteamientos y búsquedas más amplias y ambiciosas.

La SE en el proceso de diseño

Otro de los puntos críticos hará referencia al papel de la SE en el proceso de diseño. Algunos autores como A. Duany dudarán de la efectividad real de la SE a la hora de conducir a diseños realmente innovadores, considerándolo más bien como una herramienta auxiliar, casi burocrática. Tal y como indica Duany en la entrevista realizada para la presente investigación, *“estas herramientas y sus correspondientes mediciones constituyen un instrumento político más que una herramienta realmente práctica para el diseño. Uno puede entender la situación simplemente con la observación y la experiencia, pero no tiene credibilidad si esto no está apoyado por datos”* (Duany, entrevista). En esta afirmación toca dos puntos clave:

- La validez de la SE como respaldo y justificación del diseño ante agentes externos, lo cual constituye una ventaja evidente, ya que la mayoría de proyectos arquitectónicos y urbanos dependen de este tipo de trámites. Es importante que el diseñador pueda comunicar sus ideas de manera clara y objetiva a agentes menos familiarizados con el diseño arquitectónico/urbano, y la SE constituye una herramienta fundamental en este ámbito.

- El aporte de la SE de cara a la innovación en el diseño. En opinión del autor de la tesis, la afirmación de Duany pueden ser perfectamente cierta para casos relativamente simples, en los que el diseñador puede comprender y predecir intuitivamente los efectos del diseño, aunque este umbral vendrá evidentemente marcado por el conocimiento y la experiencia del diseñador. En todo caso, tal y como indica Sean Hanna, siempre existirá un umbral de complejidad a partir del cual la intuición humana comienza a ser insuficiente: aquí es donde se ve más claramente las ventajas de la SE y sus posibles variaciones/ampliaciones a través de la tecnología. Tal y como indica Hanna, *“our intuition fails us when we are dealing with very complex designs (large buildings, cities) because they are beyond the scale our minds have evolved to handle. (...) my own hope is that the tools we develop to process this complex data will be able to handle it in a manner similar to an expert designer, rather than by simplifying it. The challenge here is to ensure this is stable, and subject to at least the same checks that would apply to human experts”* (Hanna, entrevista).

6.5_LA NUEVA CIENCIA DE LA CIUDAD DE M. BATTY Y CASA

6.5.1 Introducción

En el presente apartado analizaremos los principios y aspectos clave del trabajo de investigación desarrollado por Michael Batty y el Centre for Spatial Advanced Analysis (CASA), en el cual ha ejercido como director e investigador docente.

Michael Batty es autor de algunas de las obras más importantes en el ámbito de la ciencia urbana contemporánea, siendo uno de los primeros en introducir de manera productiva conceptos y métodos procedentes de las ciencias de la complejidad. Dentro de sus obras publicadas destacarán libros como *“Fractal Cities”* (1995), escrito junto a Paul Longley, *“Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals”* (2005) y *“The New Science of Cities”* (2013), así como multitud de textos y artículos de investigación. Gracias a este trabajo, Batty se ha convertido en un referente en el ámbito de la simulación urbana, habiendo recibido también numerosos premios como por ejemplo el “Lauréat Prix International de Géographie Vautrin Lud”, conocido generalmente como el “Nobel de Geografía”. De hecho, Michael Batty es geógrafo, formado en la Universidad de Manchester, participando posteriormente en muchos otros centros y universidades donde entrará en contacto con destacados urbanistas y planificadores como por ejemplo George Chadwick, Brian McLoughlin¹⁶ o Peter Hall, entre otros. Asimismo, Batty también reconocerá la influencia de muchos otros colegas e investigadores como Paul Longley, coautor del libro *Fractal Cities*; Peter Allen y Alan Wilson, pioneros en el estudio de las dinámicas no-lineales en el ámbito urbano; Yichun Xie, alumno de doctorado de Batty y colaborador en diversos trabajos de investigación; Stephen Marshall y Bill Hillier, compañeros en el University College de Londres (UCL), etc.

La propuesta de Batty encontrará apoyo y complemento en el trabajo del Center for Advanced Spatial Analysis (CASA), un grupo de investigación puntero en el ámbito del análisis y la simulación urbana. Este centro, fundado en el año 1995, estará dedicado al desarrollo de lo que hemos denominado como “ciencia de las ciudades”, abarcando amplio espectro de temas, métodos y herramientas computacionales. Para ello CASA contará con un equipo multidisciplinar, compuesto por arquitectos, matemáticos, físicos, ingenieros en computación, geógrafos, etc. Asimismo, el centro funciona también como entidad docente, recibiendo cada año a nuevos alumnos que se sumarán a las labores investigadoras. Gran parte del trabajo de CASA se hace público a través de los CASA Working Papers, artículos publicados en la web del centro, en los cuales se reflejan los principales intereses y vías de trabajo de este

¹⁶ George Chadwick y Brian McLoughlin son pioneros en la aplicación de la Teoría General de Sistemas al ámbito de la planificación urbana. Su trabajo ha sido citado y explicado brevemente en el capítulo 2 de la presente tesis.

grupo. En el gráfico adjunto se recoge un análisis general de estos artículos, indicando sus principales temáticas y técnicas utilizadas.

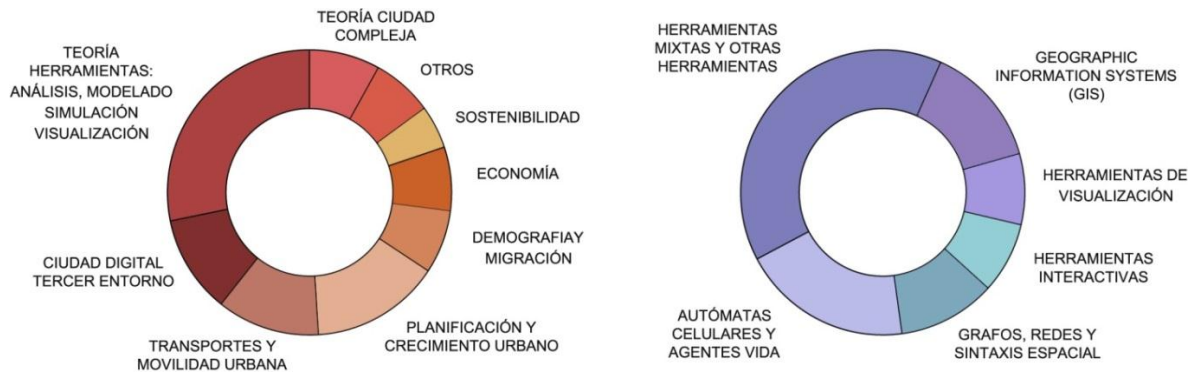


Figura 6.14. Análisis de las temáticas y herramientas desarrolladas en los más de 200 working papers publicados por CASA entre los años 1998-2017. Gráficas elaboradas por el autor de la tesis a partir de los artículos publicados en la web www.ucl.ac.uk

En definitiva, nos encontramos ante una vía de investigación multidisciplinar, fuertemente comprometida con el desarrollo de una visión científica de la ciudad, siempre con la esperanza de que dicha aproximación sea útil y productiva de cara al diseño y la planificación urbana. A lo largo del presente apartado profundizaremos un poco más sobre esta vía de trabajo, tomando como base los textos de Batty y ampliándolos con aportaciones procedentes del grupo CASA.

6.5.2 Conceptos clave de la “Nueva Ciencia de la Ciudad”

A_ La ciudad entendida como proceso emergente (Bottom-up)

Uno de los aspectos centrales en el trabajo de Michael Batty será la consideración de la ciudad como un fenómeno emergente, un fenómeno que surge de abajo hacia arriba a partir de las acciones descentralizadas de millones de individuos y agentes. Tal y como indica Batty, “*cities are built from the bottom up, incrementally and where they are planned from the top down, the plan is usually a small part of wider organic development*”. (Batty, 2008).

El foco quedará puesto así en los fenómenos de autoorganización, fenómenos que solo podrán ser comprendidos en profundidad a través de la simulación. Batty recurre así a modelos lo más desagregados posible, métodos capaces de representar las unidades más básicas de la agencia urbana. Esto

conducirá a la utilización de herramientas como los autómatas celulares y los agentes vida, que terminarán convirtiéndose en la seña de identidad de Batty y el grupo CASA.

Otra de las herramientas clave en el trabajo de este grupo de investigación será la geometría fractal, la cual servirá para reafirmar nuevamente la imagen de la ciudad emergente, ya que según Batty las formas fractales y autosimilares que manifiestan las estructuras urbanas son la consecuencia de procesos recurrentes que se repiten constantemente en las diferentes escalas. A lo largo del presente apartado iremos desglosando con mayor detalle cada uno de estos recursos, pero por el momento bastará con saber que todos ellos responden a la misma idea de ciudad, una ciudad compleja y emergente que surge de abajo hacia arriba.

B_La Dimensión Espacio-temporal en el estudio de la Ciudad

La investigación de Batty y el grupo CASA estará especialmente centrada en el estudio del crecimiento y el desarrollo urbano, para lo cual se recurre a métodos de simulación dinámicos, en los cuales se incorporan tanto la dimensión espacial como la temporal. Aunque parezca un enfoque obvio, será necesario señalar que gran parte de los modelos urbanos utilizados hasta el momento carecían de alguna de estas dos dimensiones. La Dinámica de Sistemas de Forrester, por ejemplo, es capaz de predecir la evolución temporal de diferentes tipos de sistemas, pero sus consecuencias son sumamente difíciles de traducir en términos espaciales. En el otro extremo tendremos técnicas de análisis como por ejemplo la teoría de los lugares centrales de Christaller o la propia sintaxis espacial, las cuales manifiestan una naturaleza estática, carente de variables temporales dentro de sus modelos.

La utilización de técnicas como los ACs y los AVs permitirán generar modelos de simulación dinámicos y evolutivos, y por lo tanto abiertos a posibles fenómenos de autoorganización, emergencia, cambio de fase, etc. en lo que sería una manera mucho más coherente y completa de representar los fenómenos espaciotemporales de la ciudad.

C_Autómatas Celulares

Los autómatas celulares y los agentes vida son dos de las herramientas más utilizadas por Batty y su equipo para el estudio y simulación de fenómenos complejos. El éxito de estos formalismos se debe a su capacidad para reproducir de manera sencilla y rápida fenómenos de emergencia y autoorganización, fenómenos “bottom-up” originados por multitud de partículas independientes interactuando de manera simultánea y descentralizada. Los fundamentos básicos de estos dos formalismos han sido explicados ya en el capítulo 2 de la presente tesis, si bien ahora nos dedicaremos a profundizar un poco más presentando varios ejemplos y casos concretos.

Patrones de Segregación a partir de Autómatas Celulares

El uso de autómatas celulares (AC) para el estudio de fenómenos urbanos comienza a producirse hacia finales de los 60, con algunos experimentos pioneros de autores como Chapin y Weiss, Schelling, etc (Batty, 2005; 140). Cabe señalar que la mayoría de simulaciones con AC pertenecen a lo que hemos denominado como simulaciones “caricatura”, es decir, simulaciones no realistas que sin embargo sirven para reproducir y comprender algunos aspectos clave de los fenómenos reales.

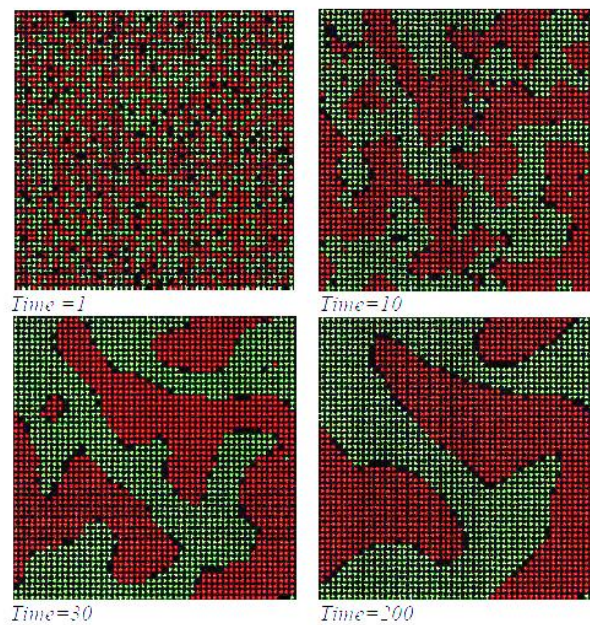


Figura 6.15. Simulación de fenómenos de segregación a partir de autómatas celulares (reproducción del “modelo de Schelling”). Fuente: Batty, 2011

Uno de los ejemplos más claros y didácticos en este ámbito será el “modelo de segregación espacial de Schelling”, un modelo clásico (propuesto en el año 1971) incluido en muchos de los textos de Batty como base para explicar los principios e implicaciones de la simulación con ACs. En este modelo las celdas representan a los ciudadanos de una determinada población, los cuales adoptarán el color rojo o el verde en función de su pertenencia a una determinada ideología política (estos colores también pueden reflejar la pertenencia a diferentes etnias, etc.). El planteamiento base consiste en suponer que cualquier ciudadano se encuentra cómodo teniendo vecinos de otra opción política, siempre y cuando éstos no sean mayoría (proporción de 1 a 3, por ejemplo). En el caso que esto sucediese, el individuo buscaría una nueva ubicación más acorde a sus preferencias. Aunque de una manera simplificada, este modelo refleja la capacidad de la gente de convivir y relacionarse con personas de otras ideologías, así como sus consecuencias espaciales.

La traslación de estas ideas a la simulación computacional se produciría de la siguiente manera: se parte con una distribución aleatoria de celdas rojas y verdes, y en cada paso de la simulación se permite que los individuos descontentos se desplacen hacia celdas que les permitan estar cómodos con su opción política. El resultado de esta simulación es el paso de una distribución aleatoria y diversa, con celdas rojas y verdes distribuidas de manera relativamente homogénea en el tablero, a una situación de segregación progresiva en la que tienden a formarse islas monocromas ¹⁷. Esta simulación demuestra cómo pequeñas decisiones a nivel local pueden conducir a la emergencia de patrones macro difíciles de imaginar a simple vista

El método de Agregación Limitada por Difusión (“Diffusion Limited Aggregation”, DLA)

Otra posible manera de aplicar los ACs será mediante los modelos de “Agregación Limitada por Difusión”, utilizados habitualmente para estudiar el crecimiento de los núcleos urbanos y simular las estructuras fractales que derivan de este tipo de procesos. Este modelo, desarrollado originalmente por T.Witten y L.Sander en el año 1981, consistirá en la creación de estructuras dendríticas o fractales a partir de la agregación progresiva de partículas entorno a un punto base (o varios), también conocido como “semilla”.

La simulación comenzará con una celda roja, la semilla, y un conjunto de celdas blancas moviéndose de manera aleatoria a lo largo del tablero. Cuando alguna de las celdas blancas llega a una posición adyacente a la semilla, quedará unida a esta permaneciendo fija (y adoptando el color rojo). Este sencillo proceso servirá para reproducir los fenómenos de agregación presentes en las ciudades, con las estructuras preexistentes actuando como foco de atracción para nuevos usos y estructuras que darán lugar a un crecimiento gradual del entramado urbano.

Asimismo, será posible establecer diferentes modelos o patrones de conexión entre partículas rojas y blancas, lo cual derivará en estructuras con diferentes formas y grados de fractalidad. Tal y como indica Batty, *“Growing city shapes from the bottom-up in digital laboratories requires clear rules to be specified that determine how agents locate with respect to one another. As a minimum, these rules must reflect two very basic forces: first, that people aggregate in cities to realise scale economies of agglomeration, which means that people should always be connected to one another, and second, that people should be able to live with as much space around them as possible. These two forces compete and contradict each other: the first leads to centripetal growth, the second to centrifugal”* (Batty, 2009). El establecimiento de diferentes patrones de conexión podrá obedecer a determinadas tipologías o

¹⁷ Es posible encontrar diferentes videos demostrativos de este tipo de simulaciones en la red, como por ejemplo: <https://www.youtube.com/watch?v=dnffIS2EJ30>

tradiciones espaciales, así como a condicionantes de carácter geográfico, etc. En cualquier caso, el resultado de este proceso de agregación siempre resultará en estructuras de carácter fractal, cada una con sus propias singularidades y recurrencias.

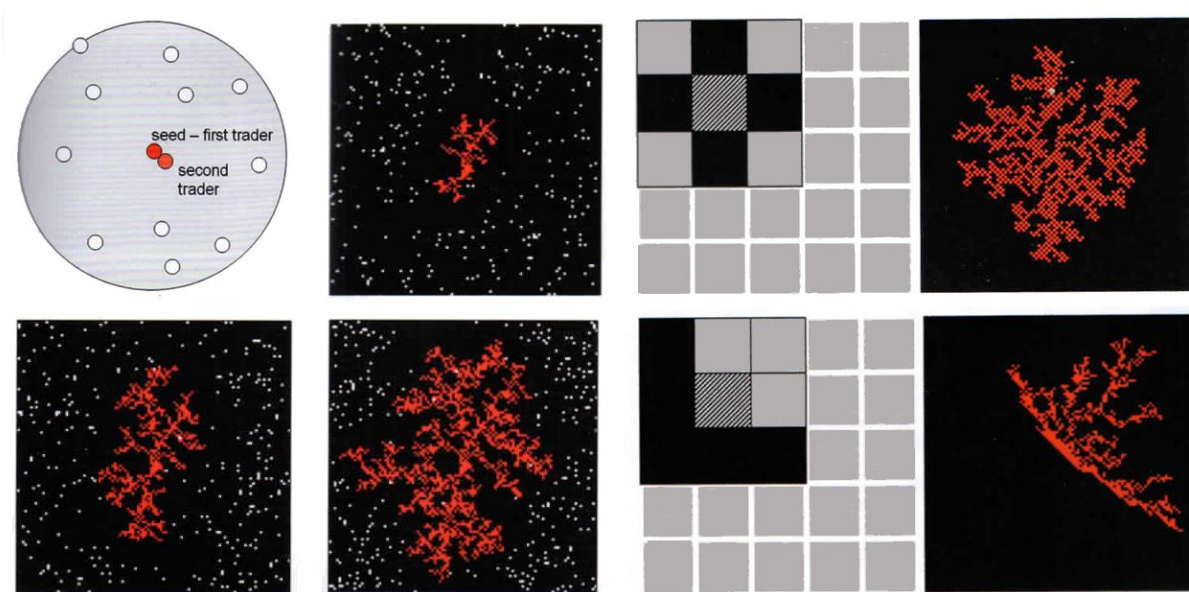


Figura 6.16. Simulación de fenómenos de agregación urbana a partir de autómatas celulares, según el método de Agregación Limitada por Difusión. Fuente: Batty, 2009

Tal y como se ha indicado anteriormente, la mayoría de los modelos construidos a partir de ACs son del tipo “caricatura”, aunque también será posible encontrar modelos más ambiciosos ligados a casos urbanos reales, como por ejemplo las simulaciones de crecimiento de San Francisco y su Bahía realizadas por by Clarke, Hopen y Gaydos (1997), la simulación del crecimiento de la provincia de Guangdong por parte de Wu y Webster (1998), etc. (Batty, 2005; 142).

D_Los Sistemas Multi-agente y la Simulación de Flujos Peatonales

Los agentes vida permitirán desarrollar modelos más sofisticados y complejos que los ACs, ya que cada entidad o “agente” que pobla las celdas podrá disponer de un comportamiento relativamente autónomo e “inteligente”. Esto quiere decir que los agentes serán capaces de percibir las condiciones de su entorno y reaccionar en consecuencia, siguiendo leyes más o menos complejas, según los deseos del programador. Incluso es posible programar a los agentes para que tengan memoria y

vayan aprendiendo a medida que avanza la simulación, incursionando así en el campo de la Inteligencia Artificial.

Uno de los usos más habituales de este tipo de los agentes vida es la simulación del movimiento peatonal a través de diferentes espacios y trazados urbanos. En este caso los agentes representan a los peatones, que se moverán por el modelo respondiendo leyes cognitivas y conductuales asociadas al comportamiento humano. En todo caso, cabe señalar que en estos son modelos lo importante no es el comportamiento de los agentes por separado – que muchas veces suele ser errático y poco realista, sino el comportamiento global generado por toda la población de agentes. Estos efectos globales sí que disponen de un mayor grado de correspondencia con los fenómenos reales.

Dentro del campo de la simulación con agentes existirán dos grandes tendencias: una defiende la utilización de modelos simples, dotados de un número reducido de leyes y parámetros, mientras que por otro lado estarán los partidarios de modelos más complejos y ajustados a los verdadera naturaleza de la conducta humana.

En el primer grupo tendremos al Space Syntax Group, que incorporará las simulaciones con agentes como complemento a los ya tradicionales análisis de sintaxis espacial. Estas simulaciones, desarrolladas por Alasdair Turner e incorporadas en el software Depthmap X, estarán compuestas por agentes simples que se mueven obedeciendo a trayectorias aleatorias dentro de sus respectivos campos visuales. Tal y como indica Hanna en la entrevista realizada para la presente tesis, estos agentes *“are quite simple, so make very few assumptions, and those (such as the angle of vision of 170 degrees) are well founded empirically (it's the same as human vision, and agents with that angle correlate best with real humans)”*. (Hanna, entrevista). En el artículo titulado *“Space Syntax and Agent based Simulation”* A.Turner y A.Penn reforzarán esta opinión demostrando que este tipo de simulaciones coinciden en gran medida con las mediciones empíricas y los análisis de sintaxis espacial realizados en diversos ejemplos (Penn & Turner, 2001).

Por otro lado tendremos simulaciones más ambiciosas como las desarrolladas por Batty y el grupo CASA, en las cuales se incorporan consideraciones adicionales como la existencia de focos de atracción, la existencia de interacciones entre los propios agentes, la existencia de diferentes deseos e intencionalidades en los agentes, etc. Tal y como indica Batty, *“in human spatial systems at the level of the agent, behaviour is more complex in that it is clearly some product of randomness, geometry, economic intentions, and social preference”* (Batty, 2003). Los factores a considerar pueden ser muy numerosos, así como las diferentes maneras de programarlos y calibrarlos, lo cual abre las puertas a un amplio abanico de posibles modelos y simulaciones. En el artículo titulado *“Pedestrian Agent-Based Modelling”* Batty presentará varios casos de estudio, simulando los lujos peatonales en diferentes

escenarios y contextos urbanos: en las calles de un centro urbano histórico, en un desfile multitudinario por las calles Londres, en el interior de un museo, etc.

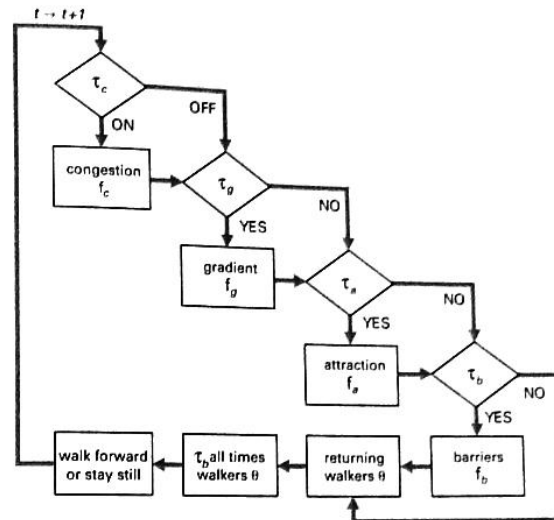


Figura 6.17_ Esquema lógico para programar el comportamiento de los agentes en una simulación de flujo peatonal. Fuente: Batty, 2005; 279

En el presente apartado nos centraremos en este último caso, ya que el museo analizado es precisamente el Tate Britain de Londres, el mismo que habíamos visto al analizar las técnicas de sintaxis espacial. De hecho, Batty y el equipo CASA partirán considerando las mediciones de flujo peatonal realizadas por el Space Syntax Group en el año 2001, las cuales servirán para calibrar y verificar las simulaciones. Tal y como indicábamos anteriormente, el modelo desarrollado por Batty contemplará muchos otros aspectos aparte de la influencia de los campos visuales, como por ejemplo:

Presencia de Focos de Atracción -> Cada sala se diseña como un foco capaz de atraer hacia sí a los diferentes agentes. En principio se otorga el mismo valor de atracción a todas las salas, aunque un estudio más profundo de las obras expuestas podría haber conducido a valores diferenciales. Asimismo, se considera un segundo atractor global para impedir que los agentes se queden parados permanentemente en una misma sala.

Fenómenos de interacción entre agentes-> los agentes interactuarán entre sí dando lugar a fenómenos de atracción y repulsión mutua. Así, se considera que las aglomeraciones de personas generarán interés y atraerán hacia sí a más personas, aunque siempre dentro de un umbral máximo, a partir del cual dicha multitud tenderá a generar repulsión. Estos fenómenos expresarán el feedback que se produce entre los diferentes agentes, dando lugar a conductas no-lineales (asimilables a las turbulencias en los fluidos, etc.)

Comportamientos diferenciados entre agentes-> no todos los agentes obedecen al mismo patrón de movimiento. Existirán diferentes familias de agentes, de manera que algunos manifestarán trayectorias más aleatorias y diversas, reflejando un espíritu inquieto y explorador, mientras que otras permanecerán más centradas y controladas, en lo que sería una actitud más conservadora y tranquila. En definitiva, esto garantiza que los agentes sean representativos de diferentes tipos de público.

El resultado de estas simulaciones quedará recogido en los gráficos adjuntos, en los cuales se puede ver la distribución de los agentes en un momento x de la simulación, así como la distribución final de densidades calculada a partir de diversas corridas y tiempos de simulación. En este caso el modelo se ha utilizado simplemente para estudiar el comportamiento espacial de los agentes, pero esta simulación podría servir también para evaluar futuras ampliaciones y variantes dentro del diseño del museo, tal y como veíamos en el apartado correspondiente a la sintaxis espacial.

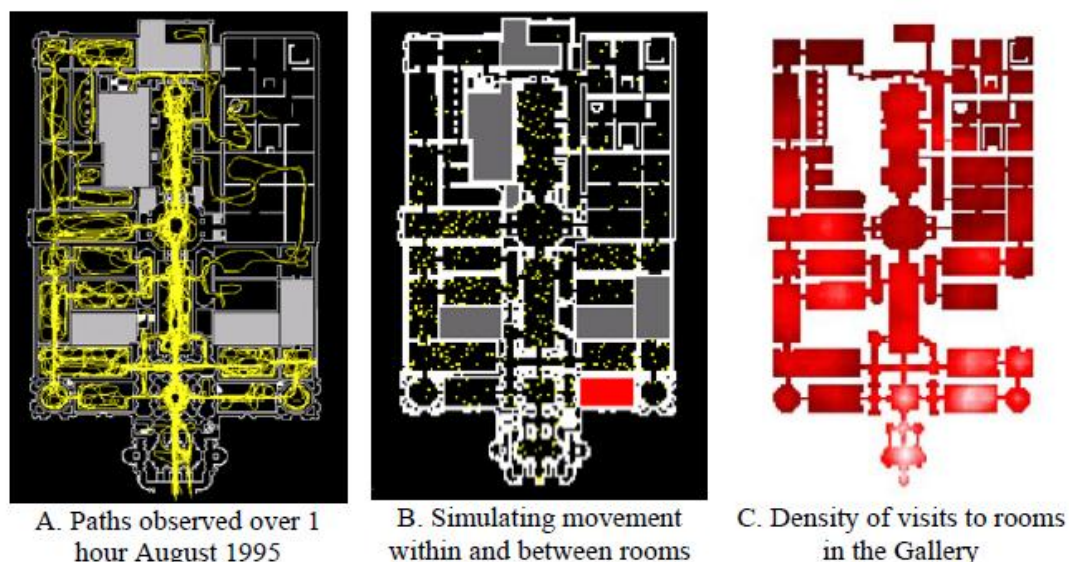


Figura 6.18. Diagramas de los diferentes estudios llevados a cabo para analizar en comportamiento de los flujos peatonales en el museo "Tate Britain" de Londres. Fuente: Batty, 2003

Por último cabe señalar que los agentes vida pueden utilizarse para simular muchos otros fenómenos urbanos, tal y como se ha demostrado en el análisis de los diferentes working papers publicados por CASA.

E_El concepto de Fractal aplicado al Estudio Urbano

Uno de los conceptos clave en el trabajo de Batty es sin duda el concepto de fractal, el cual utilizará productivamente en el estudio de diferentes morfologías y fenómenos urbanos. El libro “*Fractal Cities*” (1994), escrito junto a Paul Longley, constituye una de las obras más destacadas en este ámbito, y puede considerarse como el inicio de una vía de investigación que ha seguido manifestándose en todas sus publicaciones posteriores.

Según Batty las ciudades son entidades autoorganizadas que surgen como consecuencia de procesos que se repiten en las diferentes escalas y que dan lugar a patrones autosimilares, patrones de carácter fractal (Batty, 2005). Tal y como se muestra en la imagen adjunta, la estructura de las redes de comunicación dentro de las ciudades puede ser uno de los mejores ejemplos de fractalidad, pudiendo distinguir trazados y estructuras similares en las diferentes escalas. Esto no quiere decir, sin embargo, que todas las carreteras o vías de comunicación de la malla sean iguales; a medida que vamos aumentando la escala de observación, su carácter irá cambiando, pasando de simples caminos locales a vías principales, a autopistas, etc. Esto quiere decir que el desarrollo fractal tiende a producir jerarquías y sistemas en diferentes rangos de escala, aunque siempre manteniendo la auto-similitud entre ellos, ya que los procesos que los generan son los mismos todo el tiempo.

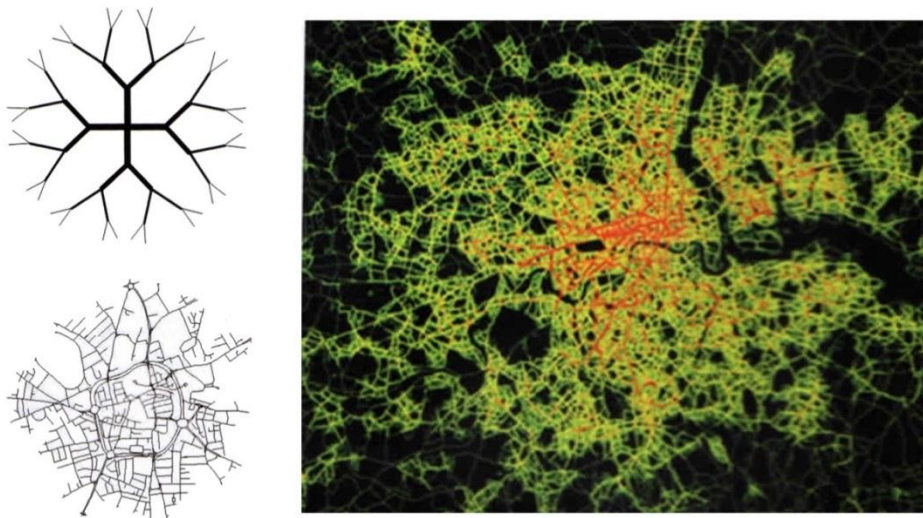


Figura 6.19. Imágenes mostrando el carácter fractal de las mallas y patrones urbanos.

Fuente: Batty, 2009

La utilización de la geometría fractal como instrumento para el análisis urbano permitirá poner el foco sobre la morfología de la ciudad, un aspecto sumamente importante que sin embargo había sido obviado en gran parte de los estudios urbanos tradicionales. Estos estudios, centrados principalmente en la manipulación de datos estadísticos, tendían a considerar el espacio como una entidad continua y homogénea,

pasando por alto importantes detalles relativos a su forma y su configuración geométrica. Tal y como indica Batty, *“urban researchers missed some significant signals that urban patterns manifest such as their self-similarity or spatial invariance across different scales, which in turn implies that the similar sorts of processes are operating across scales”* (Batty, 2011).

Cabe señalar que el carácter fractal no sólo se manifiesta en figuras geométricas perfectas o ideales, como la curva de Koch, el triángulo de Sierpinsky, etc. (fractales deterministas), sino que también es posible hablar de fractalidad en el caso de estructuras más irregulares, como puede ser el caso de los patrones urbanos (también denominados fractales aleatorios o estadísticos). Tal y como indica P. Frankhauser, otro de los autores de referencia en este campo, *“fractal behaviour is not limited to objects with a regular morphology. A random element can be introduced into the iteration without affecting the fractal organization of the structure obtained”* (Frankhauser, 1998). Esto quiere decir que tanto los fractales puros como los fractales urbanos (reales o simulados) podrán estudiarse en base a ciertos parámetros comunes, como por ejemplo la Dimensión Fractal (DF).

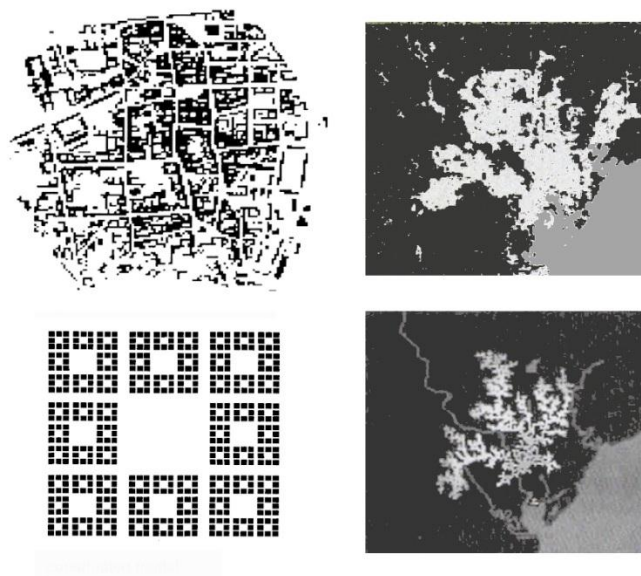


Figura 6.20. Izquierda: Planta del centro de Besancon, y analogía basada en el modelo fractal de Sierpinsky. Fuente: P. Frankhauser, 1998

Derecha: Planta de la ciudad de Cardif, arriba. Abajo simulación del crecimiento de Cardiff desarrollada por Batty a partir de un modelo DLA. Fuente: Ball, 2006; 150

La Dimensión Fractal

La DF sirve para describir la manera en que un determinado patrón rellena el espacio. Uno de los métodos más habituales para medir la DF es el método de conteo de cajas, y consiste en estudiar un mismo patrón en base a diferentes grillas de

referencia. En la imagen adjunta se representa el estudio de la línea de la costa británica, una línea de carácter fractal que tenderá a ocupar más o menos recuadros en función del tamaño de la grilla de referencia. Una de las singularidades de los fractales es que la relación entre el tamaño de la grilla y el número de recuadros ocupados tenderá a obedecer a una ley constante en todas las mediciones, la cual se corresponde con una “ley de potencia”.

En la imagen adjunta se recoge una descripción esquemática de este método y de la gráfica resultante, de la cual se extrae el valor de la DF. Cuanto más irregular / tortuoso / rugoso sea el patrón fractal, mayor será su capacidad para rellenar el espacio, y más alto su DF. En cualquier caso, la DF siempre adoptará un valor fraccional entre 1 y 2, lo cual quiere decir que los patrones fractales constituyen una entidad intermedia entre el plano euclidiano (dimensión 2) y la línea (dimensión 1).

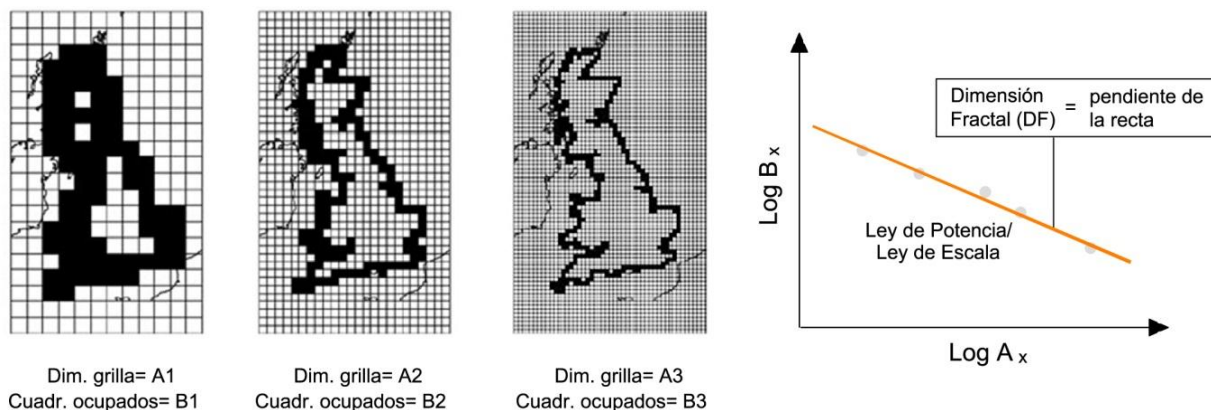


Figura 6.21. Esquema explicativo del cálculo de la Dimensión Fractal a partir del método de conteo de cajas. Fuente: composición elaborada por el autor en base a imágenes procedentes de charlas y presentaciones de Carlos Reynoso. www.carlosreynoso.com

Existen diversos métodos para calcular la DF, así como diferentes aplicaciones de software, entre las cuales destacarán programas como Harfa, FracLab, Fractalyse (Reynoso, 2010; 132-135). Tal y como indica Reynoso, pueden existir ciertas discrepancias en las mediciones dependiendo del método o software utilizado, por lo que la DF no puede considerarse como un valor absoluto o universal, sino como un recurso para desarrollar comparaciones parciales.

A continuación de adjuntan las DFs comparativas de algunas ciudades norteamericanas, mediciones que tal y como indica Batty pueden ser útiles para comprender las estructuras y procesos que subyacen tras el desarrollo urbano: *“many of these ideas (about DF) pertain to how cities develop in terms of compaction and sprawl and they find immediate expression in terms of the network structures that tie land uses together and provide the glue for achieving the sort of agglomeration*

economies and scaling effects that define cities” (Batty, 2011). Asimismo, la DF también servirá para comparar y establecer paralelismos entre patrones urbanos reales y patrones abstractos o simulados (ver figura 19).

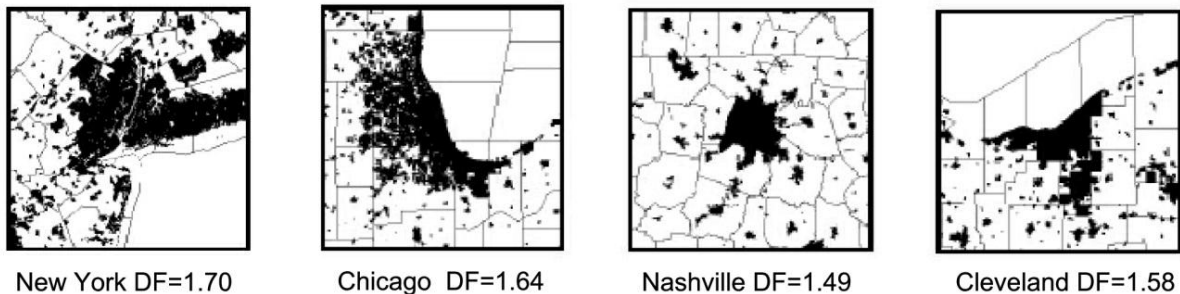


Figura 6.22. Cálculo de la DF de varias ciudades norteamericanas. Fuente: Shen, 2002

F_Scaling Laws

Tal y como se ha indicado al comienzo del capítulo, uno de los objetivos fundamentales de la ciencia urbana consistirá en encontrar leyes generales que permitan describir el comportamiento de las ciudades. Dado que las ciudades son entidades en constante cambio y expansión, la mayoría de las investigaciones en este ámbito irán enfocadas a entender cómo cambian las propiedades de las ciudades a medida que estas aumentan su tamaño.

La idea consiste pues en encontrar relaciones de proporcionalidad entre el crecimiento urbano y otros factores, como por ejemplo el nivel de ingresos promedio, el nivel de emisiones de CO₂, etc. En muchos casos se ha encontrado que estas magnitudes se relacionan entre sí a través de “leyes de potencia”, un tipo de relación matemática presente en los procesos fractales, tal y como hemos podido comprobar en el apartado anterior. De hecho, gran parte de los procesos biológicos, urbanos, físicos, etc. están regidos también por leyes de potencia, lo cual hace pensar que todos ellos están de algún modo originados por procesos de carácter fractal. Esto quiere decir que los mismos procesos se repiten en las diferentes escalas, dando lugar a relaciones de recurrencia y autosimilaridad que se expresan a través de estas “leyes de potencia”, también conocidas como “scaling laws”. Tal y como indica Batty, *“the self-similarity observed across many spatial levels implies that the processes that drive agglomeration and clustering in small cities are similar to those in large cities; indeed in cities of any size”* (Batty, 2008b).

Tal y como indica Batty, todavía no existe un consenso formal sobre las leyes de escala a nivel urbano, existiendo diferentes propuestas y formulaciones. De hecho, tampoco será posible hablar de leyes en un sentido estrictamente científico, sino más bien de recurrencias espacio-temporales, de regularidades que tienden a cumplirse en todas las ciudades con diferentes grados de precisión. Asimismo, el desarrollo de

estas leyes puede considerarse como un trabajo colectivo, en el cual tienen cabida tanto formulaciones clásicas -teoría de los lugares centrales de Christaller (1933), ley de Zipf (1949), etc.- como contribuciones más recientes de autores como Batty y el grupo CASA, G.West, L.Bettencourt y el equipo de investigación del Instituto de Santa Fé, etc. A continuación describiremos algunas de las leyes de escala más comúnmente aceptadas:

-“Ley de Zip” o “Ley de Rango-Tamaño” -> Existen menos ciudades grandes que ciudades pequeñas: cuanto más grandes son las ciudades, menos hay. Esta relación entre el número de ciudades y su tamaño (medido en cantidad de población, generalmente) responde a una ley de potencia, la cual se encuentra representada en la figura adjunta. En esa misma figura se muestra un diagrama perteneciente a la “Teoría de los Lugares Centrales” de Christaller, que predice esos mismos efectos a través de una geometría de carácter claramente fractal ¹⁸. Cabe señalar que esta ley también es aplicable al ámbito de las redes urbanas y sociales (Barabási, 2014), de modo que el número de nodos más conectados e importantes también tiende a decrecer según esta ley de potencia.



Figura 6.23. Izquierda: diagrama de la “Teoría de los Lugares Centrales” de Christaller. Fuente: Batty, 2005. Centro: imagen nocturna de la costa oeste de Estados Unidos, fuente: <https://apod.nasa.gov/apod/ap970830.html>. Derecha: gráfico que refleja la ley de Zipf o ley de rango-escala para las ciudades de USA, elaborado a partir de los datos de población del censo americano de 2002, fuente: <http://worldcomplex.blogspot.cl/2012/01/scale-invariance-and-scaling-laws-of.html>

-Leyes de población y dinámica urbana-> muchas de las leyes de escala hacen referencia a la manera en que cambia el funcionamiento de las ciudades en base al crecimiento de su población. Este tipo de leyes son más difíciles de ligar a los aspectos formales y morfológicos de la ciudad, ya que por ejemplo no existe una

¹⁸ Cabe señalar que cuando Christaller formuló su teoría todavía no existía la noción de geometría fractal. Solo posteriormente se ha identificado esta coincidencia, demostrando que ciertas teorías clásicas son compatibles con descubrimientos más recientes en el ámbito de la complejidad.

relación clara entre la dimensión fractal de las ciudades y su cantidad/densidad de población (Shen, 2002). Lo que sí está claro es que a medida que las ciudades crecen en tamaño también lo hace su población, y esto tiene ciertas consecuencias sobre las dinámicas y atributos de las ciudades. Así, tal y como se demuestra en la tabla adjunta, a medida que las ciudades crecen también lo hacen sus sueldos promedio (“ley de Bettencourt-West”), su PIB, el número de patentes registradas, etc. En definitiva, las ciudades se vuelven más productivas y culturalmente activas a medida que crecen, siguiendo una lógica que no es lineal sino exponencial. Esto puede explicarse asimismo gracias a la “ley de Metcale”, que afirma que *“the number of potential connections increases as the square of the population”* (Batty, 2011).

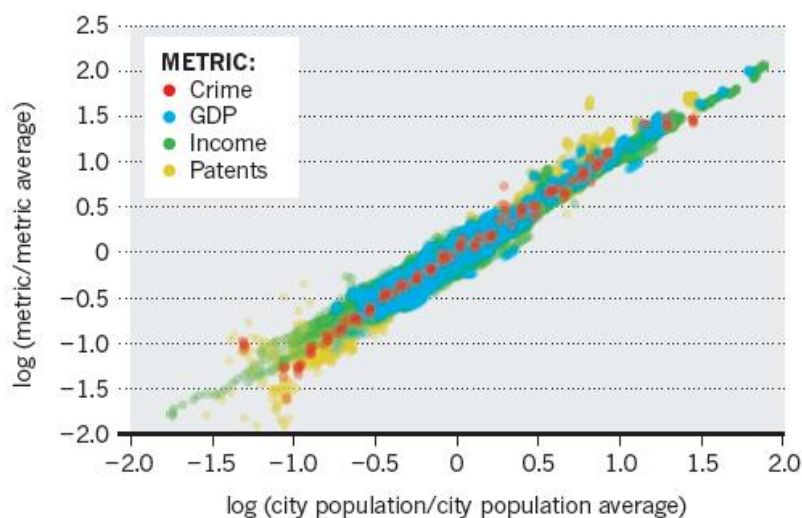


Figura 6.24_ Gráfico representando las leyes de escala obtenidas tras analizar los datos de más de 360 áreas metropolitanas a lo largo de todo EE.UU. Fuente: Bettencourt & West, 2010

-Leyes relacionadas con la sostenibilidad urbana-> *“as cities get bigger, they get greener in the sense becoming more sustainable”* (Bettencourt & West, 2010). Tal y como indica Bettencourt, *“doubling the population of any city requires only about an 85% of increase in infrastructure, whether that be total road surface, length of electrical cables, water pipes or number of petrol stations. This systematic 15% savings happens because, in general, creating and operating the same infrastructure at higher densities is more efficient, more economically viable, and often leads to higher-quality services and solutions that are impossible in smaller places”* (Bettencourt & West, 2010). Así pues, pequeños incrementos en las redes generales permiten un aumento considerable en la capacidad de distribución de bienes e información, haciendo el sistema urbano más eficiente. En definitiva, podemos decir que las grandes aglomeraciones tienden a ser más sostenibles, aunque todavía está por ver si esto también se cumple en el caso de los países en vías de desarrollo, de los cuales todavía se tienen pocos datos.

De hecho, Batty y sus colegas de CASA tenderán a mostrarse críticos con algunas de las “leyes de escala” obtenidas exclusivamente a partir de bases de datos agregados (Big Data), ya que las leyes y resultados obtenidos tienden a basarse en mediciones variables y sumamente sensibles a criterios específicos de medición. Así, en el artículo titulado “*Constructing Cities, Deconstructing Scaling Laws*” (Arcaute et al, 2015), Batty y sus colegas advertirán de la necesidad de sustentar estas leyes estadísticas con modelos y simulaciones que expliquen las causas y mecanismos que dan origen a estos resultados. Tal y como se indica en el artículo, “*a theory of cities cannot rest simply on a relationship like equation, because relevant patterns pertaining to social behaviour (...) cannot be grasped if only aggregated values are considered. A theory of cities needs therefore to reproduce the main relevant emergent behaviours that are encoded in the diversity and heterogeneities of cities. It is only through this perspective that city planning and policy making can be effective*” (Arcaute et al, 2015).

Tal y como hemos visto en el presente apartado, algunas leyes de escala han podido ser respaldadas a través de modelos, otras están todavía lejos de poder ser explicadas, y seguro que el Big Data continua revelando nuevas recurrencias que pasarán a engrosar aun más la lista de tareas pendientes para la ciencia urbana. Nos encontramos pues ante un largo camino por recorrer, aunque Batty y su equipo de investigación se mostrarán optimistas de cara al futuro; tal y como indicaba en la entrevista realizada para la presente tesis, “*I think we will be able to lay out some pretty generic properties of cities in the next 20 – 30 years*” (Batty, entrevista).

6.5.3 Valoración Crítica al trabajo de M. Batty y el grupo CASA

El trabajo de Batty constituye una de las aportaciones más notables y completas a la construcción de una ciencia puramente urbana, aunando de manera coherente diferentes tipos de teorías y métodos (tradicionales y contemporáneos), y demostrando que todos ellos obedecen a los mismos procesos fundamentales basados en la lógica fractal y la autoorganización. Batty demuestra así que la ciudad es efectivamente un sistema complejo, proporcionando los recursos teóricos y matemáticos necesarios para su análisis y simulación. El aporte de este autor y del equipo CASA es por lo tanto fundamental en el desarrollo de las denominadas “estrategias sociales”, aunque también estarán sujetos a ciertos comentarios críticos:

El hecho de que la mayoría de las simulaciones realizadas a partir de ACs y AV sean del tipo “caricatura” hace que su aplicabilidad a la resolución de problemas prácticos sea relativamente limitada. Además, las predicciones realizadas a través de este tipo de métodos coinciden en muchos casos con lo predicho por algunos modelos clásicos (teoría de los lugares centrales, LUTIs, etc.). En definitiva, es posible afirmar que los modelos explicados en el presente apartado son útiles para comprender la naturaleza compleja y bottom-up de las ciudades, aunque su aporte real de cara al diseño y la planificación en términos prácticos es bastante limitado. Batty, de hecho,

reconoce esta carencia en la entrevista realizada para la presente tesis: *"I don't think we have gone very far along the process of actually developing good planning methods using complexity theory"* (Batty, entrevista).

De hecho, cuando Batty aborda el tema del diseño urbano en el capítulo XX del libro *"The New Science of Cities"*, no habla de pautas o de criterios de diseño, sino que se limita a ofrecer modelos para simular los procesos de toma de decisión. Si bien no se niega la posible utilidad de estos modelos, llama la atención que Batty enfoque el tema de esa manera, construyendo una barrera matemática que le permite mantenerse en una posición objetiva y al mismo tiempo distante, alejada de cualquier tipo de opinión o valoración crítica sobre el actual estado de la realidad urbana.

A diferencia del Space Syntax Group, el cual aspira a integrarse cada vez más en el ámbito profesional vinculado al diseño y la planificación urbana, el grupo CASA se mantiene en una posición más académica, apegada al enfoque científico y a su supuesta neutralidad. En cualquier caso, cabe señalar que ninguna investigación urbana es ideológicamente neutra, y que la falta de perspectiva crítica sobre los fenómenos revela de algún modo la aceptación y promoción dichos fenómenos y los sistemas que los sustentan. Así pues, parece necesario reclamar una mayor implicación práctica y crítica para que todos estos modelos y simulaciones sean realmente útiles a la hora de construir ciudades más eficientes y humanas.

En cualquier caso, Batty es absolutamente consciente de las contingencias que rodean a la nueva ciencia de las ciudades y la necesidad de que la investigación urbana sea coherente con las necesidades y deseos de cada momento: *"the problems of how to plan, how much to intervene (...) will remain with us and there is no getting way from the fact that a science of cities needs to embrace a continually changing perspective in what is important in cities and how we can change cities. In a sense, complexity in cities means continual change"*. (Batty, entrevista).

En línea con esta visión evolutiva de la ciencia y la planificación urbana, merecerá la pena citar a Steven Johnson y su libro *"Sistemas Emergentes"*, en el cual se habla de evolucionar de un contexto basado en el análisis y la simulación de fenómenos urbanos reales, a la "generación" de nuevos procesos y sistemas emergentes. En este último paso evolutivo, según Johnson, *"dejamos de analizar la emergencia y comenzamos a generarla"* (Johnson, 2003; 21). Johnson habla así de la "emergencia artificial", es decir, la creación y el diseño de procesos emergentes de una manera consciente e intencionada con el fin de resolver problemas. Puede que el futuro de las estrategias sociales pase por complementar la ciencia de las ciudades con un enfoque más pragmático, y es posible que esto se esté viendo reflejado ya en la incorporación de nuevos módulos en la oferta docente de CASA, como por ejemplo el módulo titulado *"Smart Cities"*. Todavía están por ver los aportes de estas nuevas iniciativas, aunque seguro ayudarán a desarrollar y complementar esta vía de investigación global que tal y como se ha indicado, tiene todavía un largo camino por recorrer.

6.6_CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Resumen

En el presente capítulo hemos visto diferentes maneras de incorporar los conceptos y herramientas procedentes del paradigma de la complejidad para comprender y analizar los fenómenos socio-espaciales que tienen lugar en los entornos arquitectónicos y urbanos. Gracias a este nuevo conjunto de herramientas hemos podido relacionar entre sí el entorno físico y el social, demostrando que ambas realidades se originan a partir de los mismos procesos y mecanismos.

En la primera parte del capítulo se han presentado algunos conceptos clave para entender la relación existente entre los fenómenos urbanos y las ciencias de la complejidad, incorporando asimismo referencias a los modelos y herramientas digitales disponibles para simular y analizar dichos fenómenos. Para lograr una visión más concreta y precisa de todas estas ideas se ha procedido a analizar con mayor detalle dos vías de trabajo: la “sintaxis del espacio”, representada por Bill Hillier y el grupo Space Syntax de la UCL, y las propuestas para una “nueva ciencia urbana” elaboradas por Michael Batty y el grupo CASA. En el primero de los casos el foco de ha recaído sobre las redes urbanas y las configuraciones espaciales, estudiándolas a través de grafos y mapas topológicos, los cuales han permitido demostrar la relación existente entre la estructura física y social de la ciudad. En el segundo caso se ha puesto mayor énfasis en los procesos de autoorganización y emergencia, utilizando para ello modelos desagregados bottom-up basados en autómatas celulares y agentes vida. En ambos casos se han presentado ejemplos y aplicaciones en diversas escalas, desde la escala del edificio hasta la urbana y territorial.

En definitiva, se ha ofrecido una visión sintética y coherente de un campo de trabajo sumamente amplio y diverso, tratando de hacer una exposición lo más divulgativa y didáctica posible pese a la complejidad técnica y matemática que subyace tras muchos de estos planteamientos. El objetivo ha consistido pues en explicar las estrategias sociales de una manera relativamente profunda y rigurosa pero sin llegar a adentrarse en el campo de las demostraciones matemáticas, las cuales pueden consultarse en las fuentes bibliográficas originales.

Comentarios Generales

Tal y como indica J. Portugali, uno de los mayores logros de la nueva ciencia de la ciudad será la construcción de una base conceptual y metodológica común, *“giving a single and sound theoretical basis to a variety of urban phenomena and properties that so far were perceived as independent of each other and thus interpreted by reference to different theoretical bases”* (Portugali, 2012). Esta base estará formada

por las teorías y las herramientas de la complejidad, las cuales han demostrado ser útiles para explicar un amplio abanico de fenómenos socio-espaciales.

También merecerá la pena indicar que, dentro de los diferentes capítulos de la tesis, este es quizás el que mejor muestra las dualidades y contrastes existentes dentro de la ciudad compleja. Así, a lo largo del presente capítulo hemos podido comprobar la convivencia entre modelos estáticos y modelos dinámicos, fenómenos caóticos y leyes de escala, procesos top-down y bottom-up, analogías biológicas y reivindicaciones sobre la naturaleza artificial de la ciudad, etc. Nos encontramos pues ante realidades aparentemente opuestas que sin embargo conviven y se complementan demostrando que son dos caras de la misma moneda. Estas evidencias científicas invitarán así a adoptar un nuevo enfoque, un nuevo tipo de pensamiento lógico que nos permita entender la complejidad urbana de una manera coherente y global. Esto conectará directamente con el Pensamiento Complejo de Edgar Morin y sus principios fundamentales -dialógica, recursividad organizacional, principio hologramático, etc.- (ver capítulo 2, apartado 2.2.6), demostrando una vez más la necesidad de conectar y complementar entre sí el ámbito de la ciencia y el de las humanidades.

Antes de concluir será necesario recodar que en el presente capítulo se han estudiado aquellas estrategias sociales más directamente vinculadas al espacio físico de la ciudad, estrategias vinculadas al estudio de su morfología y configuración física, prescindiendo en cierto modo de las aproximaciones relacionadas con la “capa digital” de la ciudad. Nos estamos refiriendo a lo que el filósofo Javier Echeverría denomina como “Tercer Entorno” (Echeverría, 1999), un entorno electrónico y digital que sin embargo afecta a la manera en que la gente habita y utiliza la ciudad, originando consecuencias sobre la estructura física. Los autores estudiados en el presente apartado serán plenamente conscientes de esta realidad, y de la necesidad de considerarla como parte de los estudios cubanos. Tal y como indica M. Batty, *“most focus has been on measurable physical and hence observable quantities that change through time but increasingly there are hidden flows and relations associated with the electronic world that are influencing how spatial systems change and develop. This too is a major challenge for spatial modelling”*. (Batty, 2011b). Tal y como indica Sean Hanna en la entrevista realizada para la presente tesis, nos encontramos ante un campo sumamente interesante pero todavía poco explorado, y por eso mismo se ha decidido dejarlo fuera del alcance de la tesis. En cualquier caso, tal y como indica el propio Hanna, comprender la relación entre los fenómenos espaciales y no-espaciales (fenómenos propios del Tercer Entorno) es uno de los aspectos pendientes de la investigación urbana, y por lo tanto es esperable que este campo de estudio vaya tomando fuerza durante los próximos años. (Hanna, entrevista).

CAPITULO 7_ ESTRATEGIAS TECTÓNICO-AMBIENTALES

7.1_PLANTEAMIENTO ARQUITECTÓNICO GENERAL

7.1.1 Introducción a las estrategias Tectónico-Ambientales. Fundamentos y autores de referencia

En el presente capítulo analizaremos aquellas vías de investigación que recurren a las teorías de la complejidad y a las herramientas digitales como medio para desarrollar nuevas estrategias de diseño centradas en los aspectos materiales, constructivos y energético- ambientales de la arquitectura.

Las vías de trabajo aquí estudiadas reivindicarán el vínculo entre las formas arquitectónicas y su lógica material, promoviendo un programa de investigación que será seguido y desarrollado autores y grupos de investigación de todo el mundo. La idea es recuperar el espíritu de pioneros como Gaudí, Otto o Fuller, entre muchos otros, poniendo en marcha un proceso de experimentación mucho más ambicioso y avanzado que se beneficie de las posibilidades ofrecidas por las herramientas de diseño y fabricación digital, así como de los recursos conceptuales y metodológicos brindados por las teorías de la complejidad. Lo que se propone, en definitiva, es la adopción de una filosofía de diseño que promueva los criterios de eficiencia y coherencia estructural, energética y medioambiental como base para la creación de diseños innovadores y sostenibles.

A diferencia de los apartados anteriores, en los que las diferentes propuestas y discursos estaban más o menos centrados en protagonistas o grupos de investigación concretos, en el presente apartado resultará difícil seleccionar los casos de estudio, ya que existen multitud de equipos trabajando simultáneamente en el desarrollo de nuevas estrategias tectónico-ambientales. Nos encontramos pues ante un escenario diverso, plagado de propuestas dignas de mención, aunque evidentemente será necesario acotar el campo de estudio a unos pocos ejemplos representativos. El presente capítulo estará formado así por tres grandes apartados, cada uno de los cuales se centrará en uno o varios equipos de investigación en específico:

En primer lugar se estudiará el trabajo del grupo de investigación Emergent Technologies (EmTech) de la Architectural Association, uno de los equipos con mayor trayectoria y difusión en el ámbito de las estrategias tectónico-ambientales, y uno de los que mejor refleja la aplicación del pensamiento sistémico en este ámbito. Fundado y dirigido por Michael Weinstock, este grupo contará, a lo largo de sus diferentes etapas de desarrollo, con aportaciones de autores como Michael Hensel, Achim

Menges, George Jeronimidis o Evan Greenberg, entre otros, así como con el trabajo de diversos de alumnos que con sus propuestas y proyectos han dado vida a esta vía de investigación.

En segundo lugar se analizará el trabajo del grupo Kokkugia, dirigido por Roland Snooks, profesor en la RMIT University de Melbourne, y Robert Stuart-Smith, colaborador habitual del Architectural Association Design Research Group (AADRL). Su campo de trabajo estará más vinculado al enfoque complejo, al trabajar principalmente con agentes vida y simulaciones con algoritmos complejos.

Por último, en la tercera parte del capítulo se recurrirá a varios casos de estudio, destacando especialmente el trabajo del ingeniero japonés Mutsuro Sasaki, que junto a arquitectos como Toyo Ito y Arata Isozaki explorará las posibilidades de los algoritmos de optimización para crear formas arquitectónicas singulares. Este apartado se complementará a su vez con el análisis de uno de los proyectos de la oficina de ingenieros Bollinger + Grohmann, también vinculado al uso de algoritmos de optimización.

Todos estos trabajos se complementarán y ampliarán con ideas y propuestas procedentes de otros autores y grupos de investigación como por ejemplo el grupo “Arquitecturas Genéticas” de la Universidad Internacional de Catalunya, fundado y dirigido por el arquitecto Alberto Estevez (entrevistado para la presente tesis); el grupo “Mediated Matter” del MIT Media Lab, dirigido por Neri Oxman; el “Block Research Group”, liderado Philippe Block y Tom Van Meele en la EHT de Zurich, etc. Asimismo, también será necesario destacar los aportes realizados por algunas firmas de ingeniería que, a través de su labor profesional y docente, impulsarán y darán soporte a estas nuevas vías de exploración, destacando por ejemplo a la firma Ove Arup, (antiguamente dirigida por Cecil Balmond, uno de los ingenieros más prestigiosos en este ámbito y que actualmente lidera la oficina “Cecil Bamond Studio”), Buro Happold, Mutsuro Sasaki +Partners, etc. La lista de protagonistas podría ser mucho más extensa, y de hecho cada vez surgen más grupos interesados en este tipo de exploraciones, por lo que nos encontramos ante un campo de acción sumamente dinámico y productivo.

7.1.2 Principios generales

“Performance-Oriented Design”

El término “Performance –Oriented Design” (Hensel, 2013; Hensel & Menges, 2008) hace referencia a una filosofía de diseño que pone su foco en el comportamiento de la arquitectura, en su manera de interactuar con los fenómenos que la rodean para lograr determinados fines. La adopción de este tipo de filosofía implicará pues el abandono definitivo de la arquitectura entendida como objeto

autónomo, pasando así a una visión mucho más integradora y (eco)sistémica en la que la arquitectura participa activamente en la construcción de su propio entorno.

Tal y como indican M.Hensel y A.Menges, este enfoque invitará a pensar la arquitectura en clave biológica, *“making form and function less of a dualism and more of a synergy that that aspires to integral design solutions and an alternative model for sustainability”* (Hensel & Menges, 2008; 7). La idea es que la forma arquitectónica se convierta en una interfaz capaz de reflejar y coordinar de manera eficiente los diferentes requerimientos materiales, resistentes, energéticos, etc. de la arquitectura.

Cabe señalar que la adopción del enfoque “performativo” no implica olvidar el factor humano, aunque su importancia tenderá a equipararse al resto de criterios tectónico-ambientales. El arquitecto alemán Michael Hensel hablará así de una arquitectura “no-antropocéntrica” (Hensel, 2013), haciendo referencia a un enfoque ecológico en el que el hombre deja de tener prioridad absoluta sobre el medio ambiente. Ambos mundos estarán obligados pues a integrarse y dialogar mutuamente.

El nuevo rol del arquitecto en el proceso de diseño

El diseño arquitectónico como “experimento”

Tal y como veremos a lo largo del capítulo, estas nuevas vías de trabajo promoverán importantes cambios en las metodologías habituales de diseño, llegando a suscitar nuevos debates sobre el propio rol del arquitecto y su papel como autor en un sentido clásico. Manuel De Landa, en su artículo *“Filosofías del Diseño”* (De Landa, 2001), explica claramente la diferencia entre las estrategias de diseño tradicionales y esta nueva aproximación “materialista”:

“Una de estas filosofías (tradicional) piensa en la forma o el diseño como algo principalmente conceptual o cerebral, algo que debe generarse como pensamiento puro al margen del caótico mundo de la materia y la energía. Una vez concebido, a un diseño se le puede dar forma física limitándose a imponerlo sobre un sustrato material que se supone que es homogéneo, obediente y receptivo a los deseos del diseñador. (...) La postura opuesta (nuevas estrategias materiales) la representaría una filosofía del diseño en la que los materiales no son receptáculos inertes para una forma cerebral sino activos participantes en la génesis de la forma. Esto conlleva la existencia de materiales heterogéneos, con idiosincrasias y propiedades variables que el diseñador debe respetar y hacer que formen parte del proceso de diseño (...)” (De Landa 2001; 132)

En este segundo caso, el papel del arquitecto consistirá básicamente en controlar y guiar el proceso morfogénico, asumiendo ciertos grados de incertidumbre con respecto a la forma final resultante. Así pues, el grado de control del diseñador sobre el resultado final podrá variar notablemente en función de la estrategia de diseño

empleada, pudiendo existir un amplio abanico de casos. A lo largo del presente capítulo haremos un repaso por todas estas estrategias, a fin de obtener una visión lo más amplia y representativa posible sobre el alcance de la “arquitectura compleja” ligada a la gestión material y energética.

El proyecto arquitectónico como ejercicio multidisciplinar

Otro punto clave es el alto grado de conocimiento técnico requerido para la implementación de algunas de estas estrategias, siendo necesarios conocimientos profundos en el ámbito de la computación, la física y/o las matemáticas. De ahí que en la mayoría de los casos se deba recurrir a la colaboración de diferentes ingenieros y especialistas, los cuales se incorporarán ya desde las fases tempranas del diseño. Rivka Oxman habla de un nuevo ámbito de diseño colaborativo entre arquitectos e ingenieros al que denomina “design engineering” (Oxman & Oxman, 2010; 17), y que describe a la perfección la realidad práctica de la disciplina. Prueba de ello será la creciente popularidad y prestigio que algunos ingenieros han adoptado dentro del ámbito del diseño arquitectónico, como pueden ser el caso de Cecil Balmond (Ove Arup), Buro Happold o Mutsuro Sasaki, entre muchos otros.

7.1.3 Posicionamiento Histórico:

Crítica a la tradición moderna y postmoderna: el abandono de las lógicas materiales

Las vías de trabajo aquí estudiadas reivindicarán el vínculo entre las formas arquitectónicas y su lógica material, un vínculo que se había debilitado notablemente durante la etapa de la arquitectura moderna y postmoderna. Tal y como indica la arquitecta Neri Oxman, la preferencia de los arquitectos modernos por los materiales industrializados provocó un primer distanciamiento con respecto a las técnicas tradicionales de diseño, que hasta el momento se habían relacionado con la artesanía y con la manipulación directa de los materiales (Oxman, 2010; 17). Esta situación se agudiza aún más con la irrupción del discurso postmoderno, que promueve la disociación definitiva entre la forma arquitectónica y su materialidad, al priorizar un tipo de diseño basado principalmente en criterios discursivos, estéticos e intelectuales. La irrupción de las herramientas digitales a finales del s XX (especialmente en la década de los 90) contribuirá a consolidar aún más esta tendencia, con el ordenador actuando como aliado para el desarrollo de formas cada vez más espectaculares y expresivas, a la vez que incoherentes y desligadas de toda lógica material y constructiva.

“Nueva Materialidad”: Una actitud más allá de los estilos

En contraste con esta tendencia, será posible destacar el florecimiento actual de numerosas vías de trabajo comprometidas con la recuperación de las lógicas materiales en el ámbito del diseño arquitectónico, las cuales encuentran apoyo en herramientas digitales más avanzadas y en el sustento teórico proporcionado por el paradigma de la complejidad. Algunos autores hablan de una “nueva materialidad” en el diseño arquitectónico (Oxman, 2010; Picon, 2004; Oxman & Oxman, 2010; De Landa, 2001), haciendo alusión a una nueva sensibilidad hacia la inclusión de las lógicas materiales y energéticas en las etapas tempranas del diseño.

Esto implicará la adopción de una nueva filosofía de diseño que trasciende las barreras estilísticas para priorizar el rigor y la libertad en la exploración de nuevos sistemas formales, estructurales y energéticos. Esta nueva actitud conducirá a su vez a revalorizar el trabajo de autores como Antoni Gaudí, Frei Otto, R. Buckminster Fuller, Eladio Dieste, Heinz Isler, etc., todos ellos pioneros en la exploración de nuevas formas resistentes.

Asimismo, autores como Michael Weinstock irán todavía más lejos al buscar ejemplos de arquitecturas performativas en la historia antigua, tal y como queda reflejado en el artículo *“Performance-Oriented Design. Precursors and Potentials”* (Weinstock, 2008). En este texto Weinstock citará ejemplos como las “mashrabiya” (celosías) árabes, la sala de música del Palacio Ali Qapu en Isfahan, etc. demostrando que el enfoque performativo puede entenderse como una actitud atemporal y transversal a diferentes tipos de estilos.

En cualquier caso, cuanto mayor sea la libertad de acción, mayores serán las posibilidades para experimentar y descubrir nuevas soluciones, por lo que siempre será preferible la liberación respecto de cualquier atadura estilística o discursiva. Este será el caso de los ejemplos estudiados en el presente capítulo, los cuales se caracterizarán por su radicalidad y rigor en la búsqueda de nuevas soluciones tectónico- ambientales.

7.2_POSICIONAMIENTO FRENTE AL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD

7.2.1 Hacia un “Paradigma Biológico” en arquitectura

En las últimas décadas la arquitectura ha vuelto a fijarse en la naturaleza como principal fuente de inspiración. El agotamiento del discurso postmoderno (ortodoxo) y la emergencia de una nueva conciencia entorno a la ecología y la sostenibilidad han impulsado una nueva mirada hacia la naturaleza, tendencia que se ha consolidado definitivamente con la incorporación de los conceptos y métodos procedentes de las teorías de la sistémica y la complejidad. Algunos autores como A. Menges, M. Weinstock y M. Hensel llegarán a hablar incluso de un nuevo “paradigma biológico” (Hensel, Menges, & Weinstock, 2010) en la investigación arquitectónica contemporánea, paradigma que ellos mismos aplicarán en el grupo de investigación EmTech (Emergent Technologies) de la Architectural Association, uno de los equipos de referencia en el presente capítulo.

Los avances en el ámbito de la sistémica y la complejidad han permitido desarrollar un conocimiento mucho más profundo sobre los procesos morfogénéticos de la naturaleza, muchos de los cuales han podido ser descritos de manera matemática (a través de algoritmos complejos) y simulados a través de herramientas de cómputo digital. Esto ha abierto un campo de exploración sumamente productivo del que se beneficiará directamente la arquitectura, y en especial aquellas vías de investigación centradas en la exploración de las lógicas materiales.

En este nuevo escenario, los escritos y postulados de los científicos de la complejidad se convertirán en una referencia constante para arquitectos y diseñadores, pudiendo destacar a autores como L. von Bertalanffy (Teoría General de Sistemas) o I. Prigogine (“Teoría de las Estructuras Disipativas”), entre muchos otros. También serán frecuentes las referencias a autores procedentes de campos como la biología (Charles Darwin, D’Arcy Thompson), la computación (John Holland) o las matemáticas (Benoît Mandelbrot).

7.2.2 Tres maneras de enfocar las Estrategias Materiales: Estrategias Sistémicas, Complejas y Mixtas

Este amplio corpus teórico inspirará diferentes vías de trabajo e investigación en el ámbito de la arquitectura, diferentes propuestas que apostarán por recuperar el protagonismo de las lógicas materiales como punto central del diseño, como motor para la génesis de nuevas formas y configuraciones arquitectónicas. En la presente tesis analizaremos algunas de las propuestas más relevantes en este ámbito, clasificándolas en tres grandes grupos:

-Estrategias Materiales Sistémicas -> los sistemas arquitectónicos (sistemas constructivos, configuraciones arquitectónicas) se conciben como entidades u “organismos” capaces de adaptarse y evolucionar en función de las características de su entorno. Ya no estamos ante un “objeto arquitectónico” que surge directamente de la mente del diseñador, sino ante una entidad paramétrica, maleable y cambiante cuya forma final se obtendrá a partir de diferentes “experimentos”, a partir de diferentes ejercicios prácticos en los cuales el sistema arquitectónico se va adaptando y ajustando a los requerimientos específicos de su entorno.

-Estrategias Materiales Complejas -> el objetivo es lograr estructuras arquitectónicas a partir de la simulación de procesos morfogénicos complejos, es decir, lograr estructuras y configuraciones coherentes a partir de la autoorganización de partículas y entidades materiales inicialmente dispersas o carentes de orden. Ya no se tratará de “adaptar” un objeto paramétrico parcialmente predefinido, sino de “generar” o “sintetizar” estructuras trabajando desde la escala de la partícula: el diseñador ya no define el comportamiento global del sistema, sino las leyes simples que guían el comportamiento local de cada partícula.

-Estrategias Materiales Mixtas -> en este tipo de estrategias también se explora la capacidad de la materia para autoorganizarse y generar estructuras coherentes, aunque en este caso las partículas no se programarán como entidades totalmente autónomas o independientes, sino como entidades que obedecen a una ley general o a un plan previamente definido. Las partículas interactúan pero siempre reguladas por un bucle de realimentación que las controla y dirige según el objetivo deseado. Nos encontramos pues ante estrategias que combinan el concepto de emergencia típico de la complejidad con el control y la regulación propios de los métodos sistémicos. Este tipo de estrategias son conocidas habitualmente como “métodos de optimización”.

A lo largo del presente capítulo desarrollaremos más en profundidad cada una de estas estrategias, presentando sus principales fundamentos y ejemplos más representativos.

7.3_POSICIONAMIENTO FRENTE A LAS HERRAMIENTAS DIGITALES

7.3.1 Simulando los procesos morfogenéticos de la naturaleza

Tal y como advierte Kenneth Frampton en sus “*Estudios sobre cultura tectónica*”¹, los primeros pasos del diseño digital contribuyeron a agudizar la disociación entre las formas arquitectónicas y su lógica material. Esto no quiere decir, sin embargo, que el uso de herramientas digitales conlleve necesariamente una separación con respecto a la realidad de los aspectos materiales de la arquitectura; más bien todo lo contrario, ya que será precisamente la profundización en el mundo de la programación y el scripting lo que permitirá a la arquitectura abrir nuevas vías de investigación vinculadas a la materialidad, la tectónica y la sostenibilidad energética y ambiental.

Gracias a la incursión en el mundo de la programación, el diseñador podrá reproducir y simular digitalmente muchos de los procesos morfogenéticos propios del mundo natural (morfogénesis computacional), lo cual abrirá un importante campo de investigación arquitectónica en el que las lógicas materiales pasan a convertirse en las auténticas protagonistas. En cierto modo, estas nuevas vías de investigación pueden entenderse como una extensión o ampliación de los experimentos iniciados por autores como Antoni Gaudí o Frei Otto, solo que en lugar de emplear maquetas y modelos físicos se utilizarán modelos digitales, inmersos en entornos igualmente digitales. La ventaja de utilizar las herramientas computacionales es que permiten reproducir y simular fenómenos difíciles de explorar a través de experimentos físicos, posibilitando así un campo de investigación mucho más amplio.

Nos encontramos pues ante una “arquitectura biodigital”², una arquitectura que trata de simular los procesos naturales haciendo uso de un gran abanico de técnicas y recursos matemático- digitales: herramientas de diseño paramétrico, algoritmos y formalismos complejos (agentes vida...), algoritmos de optimización, etc. Las herramientas empleadas dependerán del enfoque específico de cada proyecto, si bien todas ellas contribuirán a un nuevo tipo de diseño más dinámico y experimental, un diseño que incorpora el factor tiempo como parte fundamental del proceso. Las formas obtenidas a través de estrategias biodigitales no son creaciones estáticas sino entidades con capacidad de cambiar y evolucionar en el tiempo.

¹ Frampton, Kenneth. “*Studies in tectonic culture*”, the MIT Press, Cambridge (Mass), 1995. Cita extraída del artículo de Antoine Picón “*La arquitectura y lo virtual. Hacia una nueva materialidad*”, recogido en la bibliografía.

² El término de “Arquitectura Biodigital” es un concepto empleado y desarrollado en profundidad por el grupo de investigación “Arquitecturas Genéticas” de la ETSARQ (Barcelona), dirigido por el arquitecto Alberto T. Estévez. Dicha institución imparte además un máster con ese mismo nombre, “Arquitectura Biodigital”

Asimismo, las herramientas digitales también servirán para evaluar el comportamiento de los diseños frente a diferentes tipos de requerimientos: el comportamiento estructural (ANSYS, SAP, Cypecad), solar (Ecotect..), termodinámico (TRNSYS, CFD, ANSYS...), ambiental, etc. En la actualidad las herramientas digitales permiten simular un amplio abanico de fenómenos naturales, simulaciones que pueden incorporarse dentro del proceso de diseño para lograr resultados mucho más coherentes e integrados con las características y dinámicas del entorno.

7.3.2 Tecnología digital y nuevos métodos de fabricación en arquitectura

Otra de las grandes ventajas ofrecidas por la tecnología digital es capacidad de innovar en los sistemas de fabricación y construcción de la arquitectura, un recurso de inestimable valor especialmente en el caso de las estrategias tectónico-ambientales, que como veremos más adelante dependerán directamente de la existencia de estas nuevas técnicas de construcción. A continuación se explican algunos de los avances más destacados en este ámbito:

Sistemas de Impresión 3d: construyendo desde la escala de la partícula

Gracias al desarrollo de las tecnologías de impresión 3D, el arquitecto puede diseñar y controlar la fabricación de los objetos arquitectónicos partícula a partícula. Esto permitirá un tipo de construcción mucho más próximo a los métodos empleados por la naturaleza y la biología en general, al posibilitar la creación de materiales heterogéneos, materiales cuyas partículas adoptan diferentes configuraciones para adaptarse a requerimientos y exigencias cambiantes. Esto implica un cambio radical con respecto a las técnicas de construcción predominantes en la actualidad, basadas en el ensamblaje de componentes prefabricados y en la combinación de materiales homogéneos y monofuncionales. Así, frente a la lógica de la industrialización, se erige un nuevo paradigma inspirado en las leyes de la naturaleza y abierto a la complejidad material.

La construcción con impresión 3D concuerda a su vez con las estrategias de diseño vistas anteriormente, ya que permite materializar cada una de las partículas del modelo digital. La arquitecta Neri Oxman habla de “maxels” (Oxman. N. , 2010; 121) para referirse a la unidad que contiene la información para producir o fabricar cada una de estas partículas: cada “maxel” contiene información sobre su posición y geometría, así como de sus características materiales y parámetros de producción. Sería algo similar al píxel de las imágenes 2D, pero aplicado en este caso a los requerimientos de la impresión 3D.

La propia N. Oxman es un claro ejemplo del vínculo fundamental entre las nuevas estrategias de diseño y la tecnología, ya que para poder desarrollar

plenamente sus investigaciones se ha visto obligada a desarrollar nuevos sistemas de impresión 3D, como por ejemplo el “Variable Property Rapid Prototyping Technology” (Oxman. N. , 2010; 298), capaz de imprimir partículas con diferentes características físicas y materiales dentro de un mismo proceso de impresión.

En definitiva, podemos decir que los sistemas de impresión 3D constituyen el soporte necesario para que las nuevas estrategias de diseño se presenten como una alternativa real y viable, a pesar de su alto grado de experimentalidad.



Figura 7.1_Izda: “Monocoque 2”. Estructura material compleja diseñada por la arquitecta Neri Oxman y fabricada a través de impresión 3D.

Dcha: Impresión de modelo 3D en los talleres del MIT Media Lab. Fuente: [www.youtube.com/3D Printing Buildings of the Future](http://www.youtube.com/3DPrintingBuildingsoftheFuture)

Construcción robótica basada en lógicas complejas: “Behavioral Fabrication”

Acabamos de describir las tecnologías de impresión 3D como vía para fabricar formas y elementos generados previamente en el computador a partir de estrategias de diseño generativas. El arquitecto Roland Snooks, sin embargo, imagina los robots de impresión 3D no sólo como meros constructores de geometrías previamente fijadas o diseñadas, sino como entidades con agencia propia, entidades capaces de desempeñar lógicas de comportamiento autónomas. Snooks habla así de la “behavioral fabrication” (fabricación conductual): *“the emergent outcome of behavioral formation, doesn’t require a precise replication of the digital model, but instead a precise translation of the algorithmic behaviors into fabrication operations – behavioral fabrication”* (Snooks, 2013; 58). Así, el robot-constructor será capaz de seguir ciertas conductas básicas y a la vez interactuar con los estímulos de su entorno, variando sus pautas de fabricación en tiempo real. Esta aproximación permitirá

alcanzar un grado de integración casi pleno entre los procesos de diseño, análisis y fabricación: los límites se borran y todo se convierte en parte de un mismo proceso³.

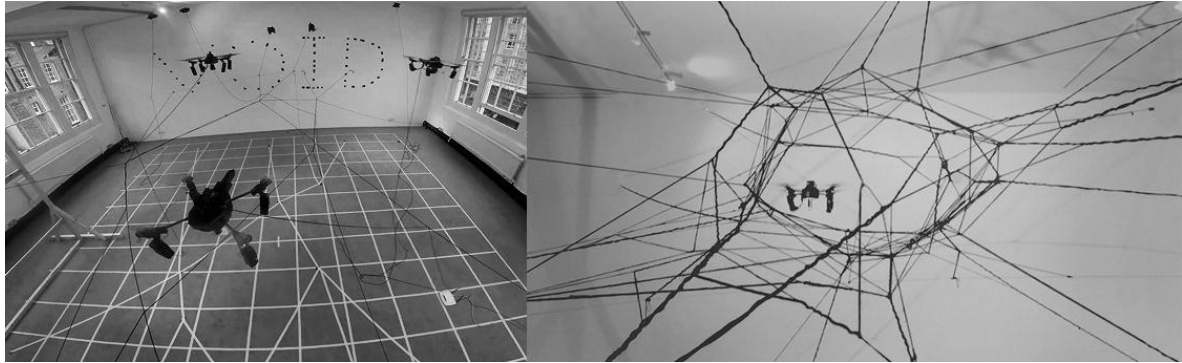


Figura 7.2_Construcción con drones programados como agentes autónomos. Imágenes del experimento “Aerial Robot Thread Construction” dirigido por Robert Stuart- Smith en el AADRL. Fuente: www.kokkugia.com

En este mismo ámbito merece la pena hacer alusión también a los experimentos desarrollados por Robert Stuart-Smith, socio de Snooks en el estudio Kokkugia y profesor en el Design Research Laboratory de la Architectural Association, en los cuales se desarrolla el concepto de “behavioral fabrication”. En el proyecto “Aerial Robot Thread Construction”⁴, por ejemplo, la fabricación está desempeñada por drones (vehículos aéreos no tripulados) que interactúan entre sí para construir un entramado tridimensional compuesto por hilos o cables. Los drones actúan como agentes que reaccionan ante la posición y los movimientos de sus compañeros, desarrollando así un comportamiento global acompasado, casi coreográfico, que posibilitará la construcción de la estructura de hilos. Este tipo de experimentos demuestran el potencial de las estrategias basadas en agentes y su capacidad para integrarse con diferentes sistemas tecnológicos, posibilitando la construcción de estructuras imposibles de concebir y de ejecutar a partir de los medios tradicionales.

³ La arquitecta Neri Oxman defiende la importancia de integrar todas las fases del diseño dentro de un mismo proceso en el apartado 5.1.2 de su tesis, titulado “Towards Sustainable Processes: Integrated Modelling, Analysis and Fabrication Environments” (Oxman N. , 2010; 134)

⁴ “Aerial Robot Thread Construction” es un proyecto desarrollado en el Architectural Association Architectural Design Research Laboratory (AADRL) bajo la dirección y supervisión del profesor Robert Stuart-Smith. En la página www.kokkugia.com existe un video que resume el contenido y desarrollo del proyecto.

“Protocélulas” y “Arquitecturas Genéticas”

Los avances en el campo del diseño de materiales han posibilitado la creación de partículas físicas equivalentes a lo que serían los agentes en el entorno de la programación informática. Éstas partículas se denominan “protocélulas” y, al igual, que los agentes, disponen de ciertas capacidades de acción autónoma y de auto-organización, en este caso posibilitadas por sus características químicas. J.W. Szostak, D.P.Bartel y P.L.Luisi definen las protocélulas como *“simple chemical models of living cells that possess some of their properties, such as metabolism, movement, replication, information and evolution, but are not necessarily alive”*⁵.

Pese a tratarse de un campo de investigación propio de la biología sintética y la ingeniería, el desarrollo de las protocélulas inspirará nuevas vías de investigación también en la arquitectura, vías directamente relacionadas con los procesos generativos complejos y el diseño bottom-up. Un claro reflejo de este nuevo ámbito de experimentación y reflexión será el número de la revista AD titulado “Protocell Architecture”, editada conjuntamente por el arquitecto por Neil Spiller y la científica Rachel Armstrong (Spiller & Armstrong, 2011).

Si bien nos encontramos ante un campo de investigación todavía joven, el objetivo es poder diseñar diferentes tipos de protocélulas, y a partir de ellas crear estructuras que sean capaces de adaptarse y reaccionar de manera dinámica ante determinados fenómenos y estímulos del entorno. Ya no estamos hablando simplemente de construir o cristalizar formas derivadas de procesos generativos dinámicos, sino de ejecutar estructuras que sean dinámicas en sí mismas (debido al comportamiento de las partículas que las componen). El trabajo con protocélulas se relacionará y entrecruzará así con otros ámbitos de investigación contemporáneos tales como las “arquitecturas interactivas” o los “materiales inteligentes” (“smart materials”).

En esta misma línea, aunque yendo un paso todavía más lejos estarán las propuestas de Alberto Estévez y el grupo “Arquitecturas Genéticas” de la UIC (Universidad Internacional de Catalunya), que contemplan la posibilidad de trabajar directamente con material biológico como medio de construcción. Así, el propio Estévez propondrá *“investigar sobre el control genético del crecimiento para conseguir que células vivas se conviertan en material constructivo, y espacio habitable “comandado” desde su específico diseño genético: por tanto, arquitectura 100% ecológica, reciclable y sostenible, con un máximo ahorro energético en los procesos constructivos (...)”* (Estévez, 2009; 17). Por el momento estos experimentos cuentan ya con algunos avances, como por ejemplo las plantas bioluminiscentes creadas en el contexto del “Proyecto Barcelona Genética” (Estévez, 2015; 86).

⁵ J.W. Szostak, D.P.Bartel y P.L.Luisi . Artículo “Synthesizing Life” publicado en la revista Nature nº409, 2001, pags. 387-90. Esta definición es citada en el artículo titulado “Structure and the synthesis of life”, de Martin Hanczyc (Hanczyc, 2011)

Lo que acabamos de ver aquí es un resumen de las principales tecnologías surgidas durante las últimas décadas, tecnologías que posibilitan el desarrollo de nuevas estrategias tectónico-ambientales. El desarrollo de esta vertiente nunca habría sido posible sin estos nuevos medios, que cada día siguen avanzando y abriendo nuevas puertas para la exploración arquitectónica.

**7.4 ESTRATEGIAS MATERIALES SISTÉMICAS:
LA PROPUESTA DEL GRUPO “AA EMERGENT TECHNOLOGIES” (EmTech)**
7.4.1 Introducción: Las estrategias materiales sistémicas y el grupo AA EmTech

Las estrategias materiales sistémicas consisten en el diseño de estructuras arquitectónicas adaptables y sensibles al entorno, estructuras cuya forma final deriva de procesos evolutivos y adaptativos que imitan a los observados en el mundo animal y vegetal. Las estrategias sistémicas adoptarán muchos de los principios y conceptos procedentes de la biología evolutiva para plantear nuevos métodos de diseño que fomenten comunicación e interacción entre la forma arquitectónica y su contexto material y ambiental.

Para ejemplificar este tipo de estrategias recurriremos al trabajo desarrollado por el grupo de investigación “Emergent Technologies” de la Architectural Association, citando y analizando las propuestas de algunos de sus miembros más destacados, entre los cuales merecerá la pena destacar a Michael Weinstock, director del programa de investigación, así como a Michael Hensel y Achim Menges, actualmente inmersos en nuevos proyectos y grupos de investigación⁶, pero siempre manteniendo el vínculo con sus primeros trabajos y aproximaciones desarrolladas en el EmTech. A continuación veremos algunas de sus principales ideas y planteamientos:

7.4.2 Conceptos clave de la propuesta del AA EmTech
La analogía biológica. Sistemas materiales y Morfo-Ecologías

En el libro *“Emergent technologies and Design. Towards a biological paradigm for architecture”* los miembros del EmTech reivindicarán la necesidad de promover un nuevo enfoque que acerque el diseño arquitectónico a las lógicas y leyes propias de la naturaleza. En dicho libro se establece una analogía directa entre los sistemas arquitectónicos y los “sistemas materiales biológicos”, en los cuales *“form, structure and material act upon one another, and the behaviour of all three acting on each other cannot be predicted by analysis of any one of them separately”* (Hensel, Menges, & Weinstock, 2010; 15). La idea es que los “Sistemas Materiales Arquitectónicos” surjan de la misma manera, para lo cual se promoverá la búsqueda de nuevos métodos de diseño que imiten a los procesos naturales y los reproduzcan haciendo uso de las herramientas digitales.

⁶ Actualmente Achim Menges dirige el “Institute for Computational Design” en la Universidad de Stuttgart. Michael Hensel es docente en la Universidad de Oslo y director del grupo internacional de investigación “Ocean North”

A lo largo del presente capítulo veremos cómo se concreta este proceso de diseño, y cómo se emplea para dar lugar a estructuras arquitectónicas de diferentes escalas. Así, cuando se trate de prototipos a pequeña y mediana escala nos referiremos a “sistemas materiales”, mientras que la extrapolación de estas mismas estrategias a una escala de mayor tamaño y complejidad quedará reflejada en el concepto de “morfo-ecologías”, compuestas generalmente por diversos sistemas materiales, y extensibles hasta la escala del diseño urbano.

Los conceptos de “Genotipo” y “Fenotipo” aplicados al proceso de diseño arquitectónico

Dentro de los términos importados del campo de la biología, cabrá destacar especialmente los conceptos de “genotipo” y fenotipo”, dos conceptos clave que resultarán fundamentales a la hora de explicar la metodología de diseño seguida por los miembros del EmTech.

En el ámbito de la biología, el “genotipo” puede definirse como el código que proporciona las instrucciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de un organismo, mientras que el “fenotipo” sería la manifestación física de dicho organismo en el mundo real. Actualmente sabemos que la forma adoptada por un determinado ser vivo (fenotipo) no es una traslación directa y pura de la información contenida en su código genético (genotipo), sino una manifestación de dicha genética adaptada por las fuerzas del entorno en el que vivimos. El propio D’Arcy Thompson, en el año 1917, indicaba: *“all forms are influenced by the physical properties of the natural world, and the form of living things is a diagram of the forces that have acted on them”*⁷. Así, podemos decir que la forma final de cualquier organismo es una combinación entre su información genética y las alteraciones que el entorno ejerce sobre la misma.

Los integrantes del EmTech tratarán de trasladar este proceso biológico al diseño de estructuras arquitectónicas, para lo cual se servirán a su vez de las herramientas digitales de diseño, especialmente de las herramientas paramétricas. Tal y como se ha explicado en el capítulo tercero, las herramientas paramétricas permiten establecer conexiones genéricas entre elementos, relaciones que de alguna manera condicionan la forma final de la arquitectura pero no la definen totalmente, ya que siempre quedarán ciertos grados de libertad para la variación y la adaptación. Este esquema paramétrico general puede considerarse pues como una especie de “genotipo”, que dependiendo de los valores finales asignados a los parámetros podrá dar lugar a diferentes formas o “fenotipos”. La obtención de los fenotipos, a su vez, podrá producirse de manera similar a como ocurre en la naturaleza: haciendo que la entidad arquitectónica y su entorno interactúen. Gracias a las herramientas de simulación digital será posible reproducir diferentes fenómenos naturales, tales como

⁷ Thompson, D’Arcy Wenworth. *“On growth ad Form”*. 1917. Ed. Cambridge University Press. Cita extraída del libro “Emergent Technologies and Design”. 2010. Página 30.

el soleamiento, los flujos de aire, etc., y los datos obtenidos de estas simulaciones se podrán utilizarse a su vez para determinar el valor de los diferentes parámetros. El resultado final será un diseño integrado y coherente tanto con sus propias lógicas internas como con su contexto.

Para poder comprender mejor el funcionamiento de este proceso de diseño lo mejor será demostrar su aplicación práctica a partir del estudio de varios ejemplos:

7.4.3 Casos de estudio

Sistemas Materiales

Denominaremos sistemas materiales a los experimentos de pequeña y mediana escala que generalmente derivan en la construcción de maquetas, prototipos o instalaciones de carácter experimental. La mayoría de los ejercicios formativos desarrollados en el EmTech se centran en este campo de trabajo, ya que es la manera más razonable para explorar y testar nuevas soluciones tectónico- ambientales.

Tal y como queda reflejado en el libro “*Emergent Technologies. Towards a Biological Paradigm for Architecture*” (Hensel, Menges, & Weinstock, 2010), los ejercicios desarrollados en el EmTech suelen partir de la elección entre diferentes tipos de sistemas materiales- constructivos, como por ejemplo sistemas basados en fibras, mallas, textiles, estructuras ramificadas, etc. En las imágenes adjuntas se recogen algunos ejemplos representativos de esta gran variedad de posibilidades.

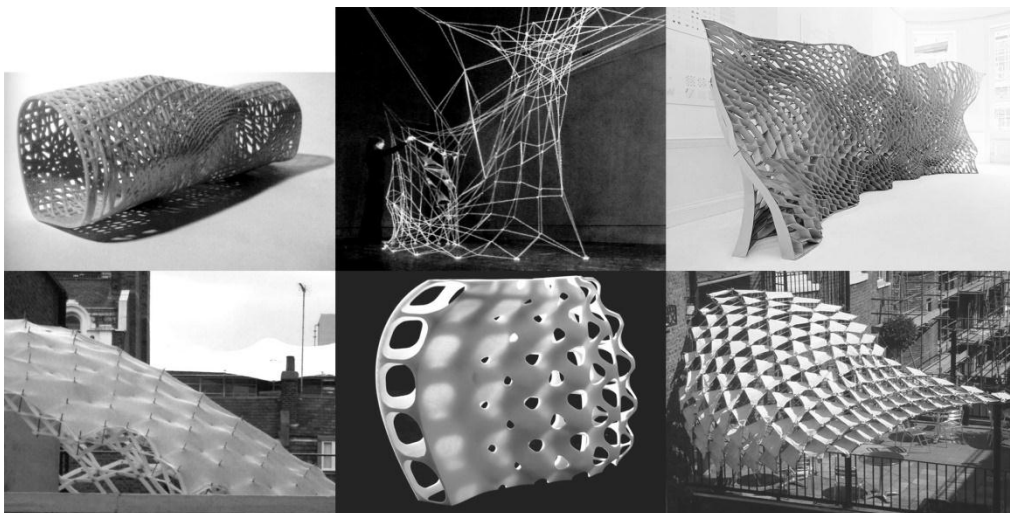


Figura 7.3_Montaje con imágenes pertenecientes a diferentes proyectos y experimentos desarrollados por el grupo de investigación EMTECH.

Fuente: Hensel, Menges, & Weinstock, 2010

Para entender cómo se desarrollan estos experimentos tomaremos como ejemplo el proyecto “Complex Brick Assemblies”, desarrollado por la arquitecta Defne Sunguroglu en el año 2008. El objetivo de este proyecto consistirá en crear estructuras compuestas por cables tensados y piezas cerámicas prefabricadas, estudiando su capacidad estructural y su eventual comportamiento ante fenómenos térmicos, lumínicos y de ventilación.

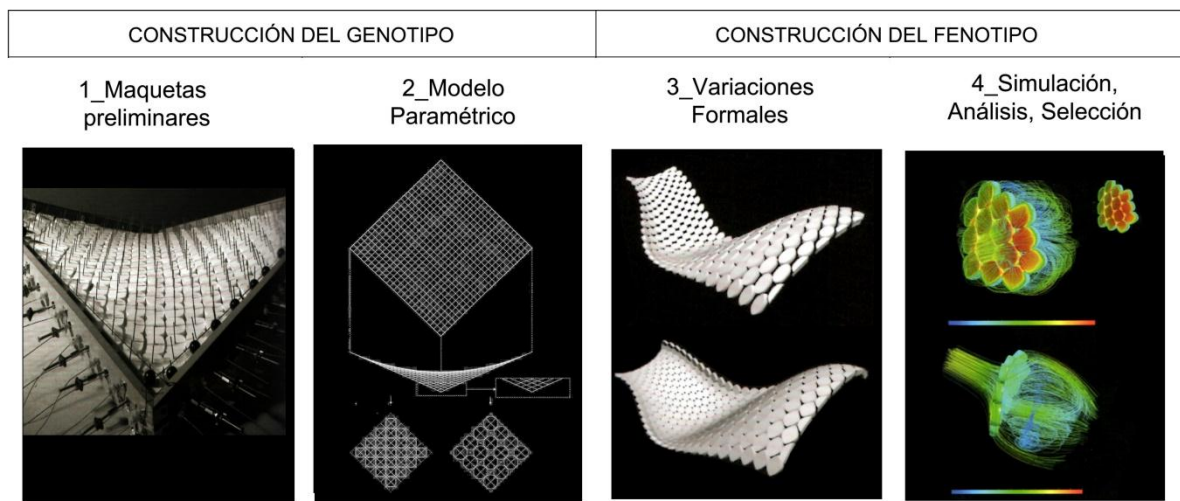


Figura 7.4_Imágenes del proyecto “Complex Brick Assemblies” desarrollado por la arquitecta Defne Sunguroğlu. Fuente: Sunguroglu, 2008

Tal y como se puede comprobar en las imágenes adjuntas, una vez elegido el tipo de sistema material-constructivo que se desea explorar, el primer paso consistirá en desarrollar un modelo digital que refleje el comportamiento de dicho sistema. La idea es crear un modelo paramétrico que manifieste las mismas limitaciones y grados de libertad que el sistema material-constructivo real, para lo cual suele ser necesario trabajar previamente con maquetas o prototipos físicos simples que ayuden a comprender mejor el comportamiento del sistema. Este tipo de estudios físicos servirán a su vez para obtener medidas y datos con los cuales se alimenta el modelo digital.

En una segunda fase se utilizará el modelo digital para generar diferentes opciones formales del sistema través de la manipulación de parámetros como el tamaño de las piezas cerámicas, el grado de curvatura de la superficie estructural, etc. La idea es crear múltiples alternativas y analizar su comportamiento a través de

diferentes tipos de simulaciones digitales ⁸, seleccionando finalmente aquella que mejor cumpla con los requerimientos fijados.

Nos encontramos ante un método de diseño que entiende la forma arquitectónica como una entidad dinámica y adaptable, una entidad que evoluciona generando estructuras altamente coherentes con las lógicas materiales internas, así como con las características ambientales del entorno. Se trata además de un método aplicable a todo tipo de sistemas materiales y constructivos, ofreciendo un campo de investigación amplio y abierto a la creatividad.

Morfo-Ecologías Arquitectónicas

Los arquitectos Michael Hensel y Achim Menges, antiguos profesores y co-directores del EmTech (junto a M. Weinstock), buscarán extender la lógica de los “sistemas materiales” al diseño y producción de espacios arquitectónicos complejos proponiendo una nueva filosofía de diseño a la que denominan “Morfo-Ecología” (“Morpho-Ecology”).

Tal y como su propio nombre indica, la aproximación morfo-ecológica consiste en utilizar la propia forma o geometría arquitectónica como medio para modular y manipular las características ambientales del entorno, creando así espacios y ambientes adaptados a diferentes requisitos funcionales.

A través de esta aproximación, los autores aspiran a superar las limitaciones del diseño espacial tradicional, típicamente monofuncional y segregado, en pos de una arquitectura más integrada y conectada dinámicamente con su entorno. La idea es sustituir las configuraciones altamente compartimentadas y las fachadas estancas por disposiciones espaciales más fluidas, definidas por gradientes y zonas de transición. Asimismo, el comportamiento medioambiental del edificio no dependerá de la estanqueidad de la fachada o del espesor del aislamiento, sino de las interacciones dinámicas entre el entorno y la forma arquitectónica. ⁹

⁸ La generación de diferentes alternativas formales y la correspondiente evaluación de cada una de ellas es un proceso que puede automatizarse a través de la programación de algoritmos de optimización. En este recurso se estudiará más a fondo en el apartado correspondiente a las “estrategias materiales mixtas”.

⁹ La aproximación morfo-ecológica, con su apuesta por la interacción con el medio y por las estrategias de acondicionamiento pasivo, se situaría en el extremo opuesto a otras tendencias de diseño medioambiental como el estándar Passivhaus, basado en la aislación total del edificio con respecto a su entorno, y en la autorregulación a través de sistemas y dispositivos mecánicos.

Uno de los ejemplos más representativos de esta vía de trabajo será la propuesta desarrollada por el equipo Ocean North¹⁰ y el estudio Scheffler+Partner para el concurso de la nueva Biblioteca Nacional en Praga, en el año 2006. En este proyecto los autores buscarán crear un espacio heterogéneo y gradual a través de una configuración estructural ramificada, de modo que la densidad, grosor y disposición de las diferentes ramificaciones permita crear espacios con propiedades y características diversas. Así, el edificio se desarrollará a partir de un núcleo opaco y cerrado, especialmente adecuado para los usos internos de depósito, el cual se irá abriendo y ramificando gradualmente para generar espacios cada vez más luminosos y diáfanos que terminarán por fusionarse visualmente con el paisaje, proporcionando las condiciones necesarias para la lectura y el descanso.

Tal y como indican sus autores, en este proyecto se explora una nueva manera de aproximarse al diseño arquitectónico: *“a shift from programme as design-defining towards design as programme-evolving, that is emblematic for our morpho-ecological design approach”*. (Hensel & Menges, 2008; 105). Esto reflejará a su vez el carácter “no-antropocéntrico” de estas arquitecturas, ya que el programa arquitectónico no se impone sino que se adapta y evoluciona conjuntamente con el resto de reuerimientos tectónico-ambientales.

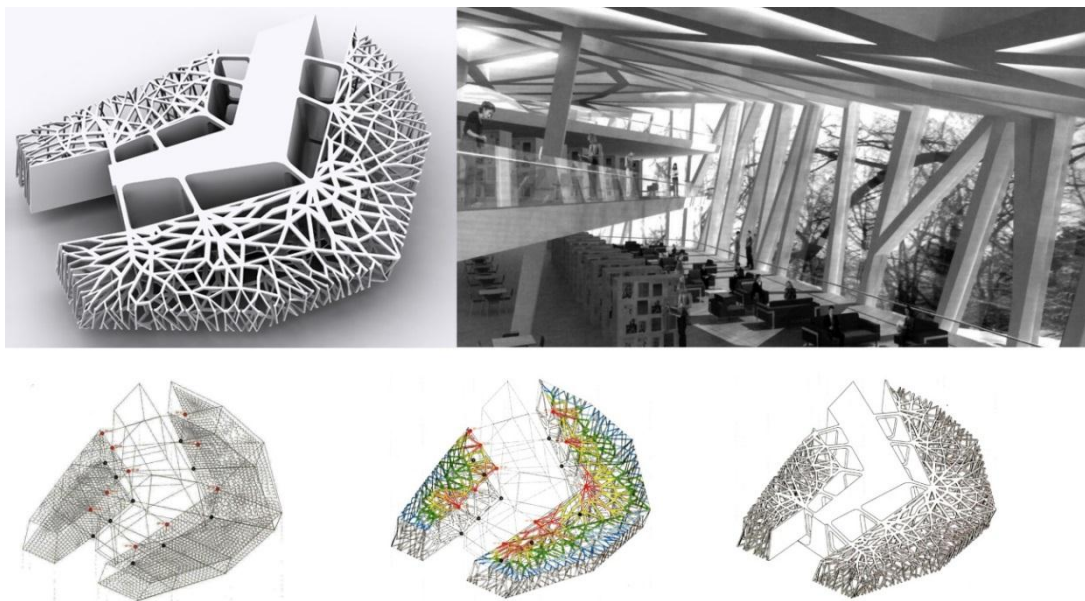


Figura 7.5_Imágenes del proyecto para la nueva Biblioteca nacional en Viena, desarrollada por Ocean North y Scheffler +Partner. Propuesta de concurso. 2006.

Fuente: Hensel & Menges, 2008; 102-108.

¹⁰ Ocean North es un grupo de investigación transdisciplinar liderado por el arquitecto Michael Hensel y que se dedica a la exploración de nuevos métodos de diseño creativo en el ámbito de la arquitectura y el urbanismo. <http://www.ocean-designresearch.net/>

El diseño de la estructura ramificada obedecerá a diversos criterios de manera simultánea: el comportamiento estructural, las características lumínicas y de soleamiento, las visuales, etc. Nos encontraremos pues ante un esquema o sistema material capaz de variar su configuración y sus parámetros en función de múltiples criterios ambientales, dando lugar a un edificio cuya morfogénesis se produce a través del diálogo directo con el entorno.

Sistemas Urbanos

Recientemente el ámbito de actuación del EmTech se ha ampliado para trasladar el diseño performativo y las lógicas morfogenéticas al ámbito urbano, a través de un nuevo taller denominado “Urban Systems”. Asimismo, otros equipos como el grupo Ocean North, dirigido por M.Hensel, también llevan tiempo trabajando en extender las morfo-ecologías a la escala urbana.

Si bien todavía existen pocos trabajos publicados, los casos mostrados dejan entrever una metodología de trabajo similar a la aplicada en el caso de los sistemas materiales, aunque incorporando nuevos criterios y simulaciones basadas en el funcionamiento urbano. Así, a la hora de crear los genotipos ya no se elige entre sistemas constructivos, sino entre diferentes tipos de tramas urbanas y tipologías edificatorias (manzana cerrada, edificios aislados...), los parámetros utilizados para manipular estas tipologías harán referencia no solo a aspectos materiales sino también a conceptos como “densidad habitacional”, “tipos de usos”, etc. Asimismo, los criterios para la selección de los fenotipos se ampliarán, complementando los datos relativos al comportamiento energético y ambiental (soleamiento, ventilación...) con nuevos análisis y simulaciones como por ejemplo la medición de la conectividad y la integración de los tejidos urbanos resultantes, la visibilidad entre edificaciones, etc. En definitiva, la idea es llegar a soluciones urbanas que cumplan con los criterios fijados por los autores siguiendo para ello un proceso de diseño basado en el desarrollo leyes morfogenéticas y en su selección a través de diversas iteraciones.

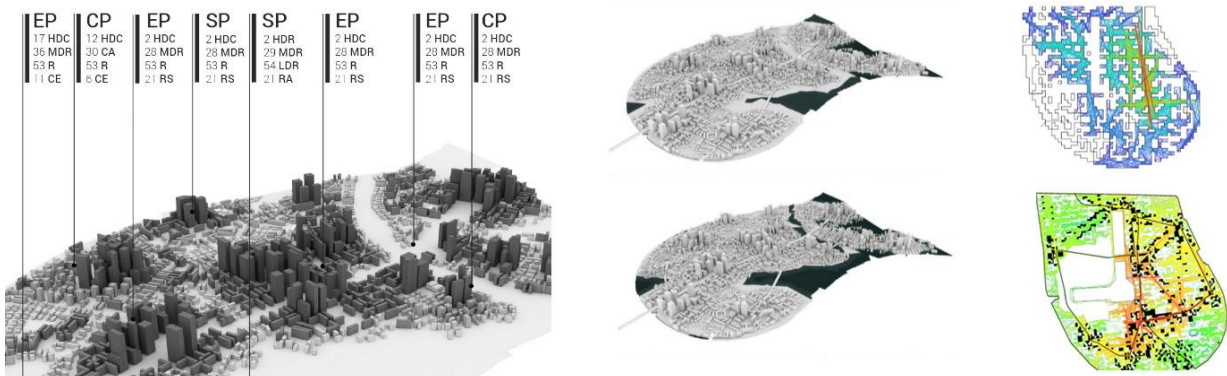


Figura 7.6_Composición con imágenes extraídas de la página www.emtech.aaschool.ac.uk, en las que se muestra la manera de trabajar en el desarrollo de los denominados “sistemas urbanos”. Fuente: www.emtech.aaschool.ac.uk

7.5 ESTRATEGIAS MATERIALES COMPLEJAS: LA PROPUESTA DEL GRUPO KOKKUGIA

7.5.1 Introducción: Las estrategias materiales complejas y el grupo “Kokkugia”

El objetivo de las “estrategias materiales complejas” consistirá en la obtención de estructuras y configuraciones arquitectónicas a partir de métodos de diseño no lineales en los que las estructuras emergen a partir de la interacción local entre partículas. A diferencia de las estrategias sistémicas, ya no se parte de un esquema topológico o paramétrico previamente diseñado (estrategia de diseño top-down), sino de partículas independientes y autónomas interactuando entre sí según leyes simples (proceso bottom-up).

Para analizar esta vía de trabajo recurriremos al trabajo del grupo Kokkugia, una oficina de carácter experimental especializada en el desarrollo de diseños basados en el uso de agentes vida. Durante sus más de 10 años de trayectoria, Kokkugia ha desarrollado infinidad de prototipos y experimentos, muchos de ellos desarrollados a partir de workshops o cursos formativos impartidos en universidades de todo el mundo. Asimismo, Roland Snooks y Robert Stuart-Smith, directores de Kokkugia, dispondrán de sus propias oficinas profesionales¹¹ a través de las cuales tratarán de aplicar todos estos conocimientos y experiencias al desarrollo de diseños arquitectónicos y urbanos en un sentido más convencional. A lo largo del presente apartado estudiaremos con más detalle sus planteamientos y propuestas.

7.4.2 Conceptos clave en la propuesta de Kokkugia

Diseño a partir de Agentes. “Swarm Matter”

Existen diferentes métodos algorítmicos que permiten simular la creación de formas complejas a partir de la repetición de acciones o leyes simples, como por ejemplo los fractales, los autómatas celulares o los agentes vida. De todos ellos, los agentes son los que ofrecen una mayor versatilidad a la hora de generar formas tridimensionales y adaptativas¹², por lo que actualmente son uno de los recursos más empleados en la investigación arquitectónica vinculada a la materialidad y a las geometrías complejas.

¹¹ Studio Roland Snooks (www.rolandsnooks.com) y RS-S Design (www.rs-sdesign.com)

¹² Neil Leach, en el artículo “Swarm urbanism”: “Fractals and L-Systems are limited for modelling patterns of growth in that they are programmed to behave in a particular way, and in general cannot adjust their behaviour in response to external stimuli (...) Meanwhile, although cellular automata can respond to their neighbours, they are fixed spatially, and therefore tied to certain underlying grids”. (Leach, 2009)

En general los agentes representan partículas o entidades simples capaces de generar materialidad, las cuales se mueven e interactúan entre sí de manera constante para dar lugar a estructuras de orden mayor. La función del arquitecto consistirá pues en “programar” el comportamiento de estas partículas y simular sus interacciones, con el objetivo de “sintetizar” o provocar la emergencia de diferentes estructuras y configuraciones arquitectónicas. Tal y como indican los integrantes del estudio Kokkugia, este tipo de estrategias permitirán *“a reconceptualisation of matter within the design process, a shift from form being imposed upon inert matter, to matter playing an active role in the emergence of form and organization”* (www.kokkugia.com).

El gran potencial de estos métodos es que se puede llegar a estructuras innovadoras y hasta cierto punto inesperadas, manteniendo siempre la coherencia con respecto a las leyes generativas básicas (lógicas materiales). Esto a su vez implicará mayores grados de incertidumbre con respecto a las formas finales resultantes, ya que los patrones y jerarquías entre elementos arquitectónicos no están prefijados, sino que surgen de manera espontánea a partir de la interacción local entre partículas. Los integrantes de Kokkugia introducirán el concepto de “Swarm Matter” para describir este fenómeno, aludiendo a la autoorganización de la materia y a su capacidad para generar estructuras complejas a partir de unidades simples y autónomas, en lo que podría considerarse como un fenómeno de “inteligencia distribuida” o “inteligencia de enjambre” (“swarm intelligence”).

7.5.2 Casos de estudio

Swarm Architectures

La utilización de agentes vida para el desarrollo de estructuras y diseños arquitectónicos ofrecerá una amplia gama de posibilidades, pudiendo plantearse ejercicios con diferentes grados de experimentalidad. Así pues, la capacidad del arquitecto para controlar e influir sobre la forma o resultado final dependerá de cómo se programen estos agentes y sus entornos, los cuales establecerán ciertas libertades y/o restricciones. A continuación estudiaremos varios escenarios posibles apoyándonos en las obras del grupo Kokkugia:

Agentes en Entornos Libres: “Fibrous House”

Los “ensamblajes libres” harán referencia a aquellas propuestas en las que los agentes actúan en un entorno con muy pocas limitaciones o condicionantes, de modo que las formas emergen a partir de sus propias lógicas de comportamiento interno.

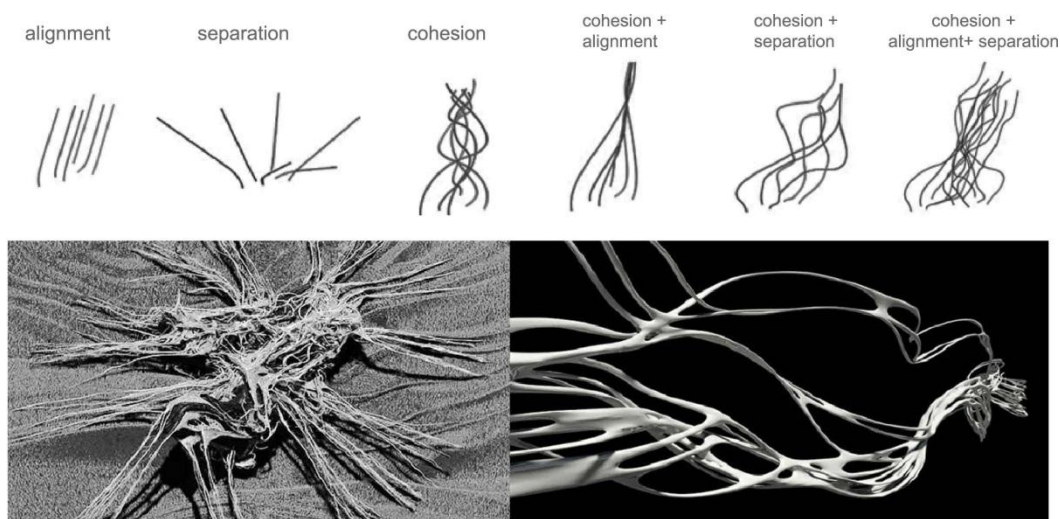


Figura 7.7_Generación de geometrías a partir de sistemas multiagente actuando en entornos libres. Arriba: experimentos básicos con el programa “boids”, realizados por N.M.Larsen. (Larsen, 2012). Abajo izquierda: Fibrous House, de Roland Snooks+Mitchell Lab. www.kokkugia.com .Abajo derecha: geometría inspirada en las bandadas de pájaros, por Morten Bulow (Larsen, 2012)

Para ilustrar este caso recurriremos a algunos experimentos realizados con sistemas multi-agente y programados con el algoritmo “Boids”¹³. Los agentes programados con este algoritmo pueden desarrollar diferentes conductas y tipos de movimientos, generando trayectorias que pueden ser registradas y transformadas en estructuras materiales. El estudio “Kokkugia” se servirá de este mismo principio para estudiar la génesis de estructuras fibrosas, dando lugar a experimentos como la “Fibrous House”¹⁴. En esta propuesta los agentes simulan el crecimiento espontáneo de fibras, que al entrelazarse e interactuar entre sí generan espacios híbridos a caballo entre lo material, lo biológico y lo arquitectónico. Tal y como indica el arquitecto Roland Snooks, co-director de Kokkugia, la “Fibrous House” rompe con los procesos de diseño convencionales, sustituyendo los procesos de diseño jerárquico por procesos emergentes basados en la emergencia material: *“hierarchies – rather than being prescribed as primary, secondary and tertiary elements – emerge from within fibrous assemblages as variation in intensity, capacity and density”* (Snooks, 2013; 49).

¹³ “Boids” es un modelo de simulación multiagente que imita el comportamiento de las bandadas de pájaros. El modelo fue creado en el año 1987 por Craig W. Reynolds, experto en programación y estudioso de los modelos de vida artificial.

¹⁴ “Fibrous House” es un experimento desarrollado conjuntamente por Roland Snooks y el grupo de investigación Mitchell Lab de Texas, en el año 2012. En dicho experimento se utilizan agentes para simular el crecimiento de estructuras fibrosas, las cuales crean a su vez formas y espacios arquitectónicos “espontáneos”, dando lugar a un proceso de diseño bottom-up que invita a repensar y cuestionar algunos de los principios básicos del diseño arquitectónico tradicional. (www.kokkugia.com)

En las imágenes adjuntas se recoge otro ejemplo basado en el mismo sistema de multiagentes (abajo a la derecha), pero en este caso dotado de un grado más de sofisticación, ya que las trayectorias similares o próximas se han agrupado en superficies de apariencia continua y fluida. Ni los agentes ni las partículas son capaces de generar por sí mismos superficies continuas, sino más bien distribuciones de puntos o líneas en el espacio; para ello será necesario recurrir a un segundo algoritmo, conocido habitualmente como “isosurface algorithm” (Larsen, 2012; 77). La aplicación de este algoritmo es básicamente un ejercicio de post-producción, pero existen otras maneras de forzar la generación de superficies continuas desde la etapa inicial del diseño. Para ello será necesario diseñar entornos de interacción más limitados o condicionados, los cuales serán explicados a continuación.

Agentes en Entornos Condicionados: “Flinders Street Station”

Tal y como indica R. Snooks, *“while fibers can matt together to generate surface, creating a coherent surface topology is very difficult without relying on surface as an input or attractor to the system. In other words, it is very difficult to generate surfaces with lines without a predefined surface to adhere to”* (Snooks, 2013; 49). Para lograr un mayor grado de control sobre las geometrías generadas por los agentes será necesario diseñar entornos de interacción con mayores constreñimientos o limitaciones. Lo habitual suele ser diseñar una superficie o un esquema topológico general que sirva como base para la acción de los agentes, los cuales tenderán a modificar o distorsionar dicha estructura dando lugar a geometrías complejas pero sujetas a ciertas reglas de coherencia y control.



Figura 7.8_Sistema fibroso generado a partir del modelo de simulación multiagente “Boids”, en el cual se obliga a los agentes a interactuar sobre la superficie de una geometría previamente fijada. Experimento desarrollado por N.M.Larsen. (Larsen, 2012)

El desarrollo de este tipo de estrategias facilitará la incorporación de los experimentos con agentes a propuestas arquitectónicas de carácter más práctico, como puede ser el caso del proyecto de Kokkugia para la Flinders Street Station. En este ejemplo las geometrías obtenidas a partir de los sistemas multiagente se incorporan como parte del diseño del cerramiento de la estación, dotándolo simultáneamente de una mayor capacidad estructural y de un motivo ornamental sugerente. Aquí vemos claramente el posible diálogo y entrecruzamiento entre las estrategias materiales y las intenciones expresivas y semánticas, tema que se estudiará con mayor profundidad en el capítulo 8 de la tesis.

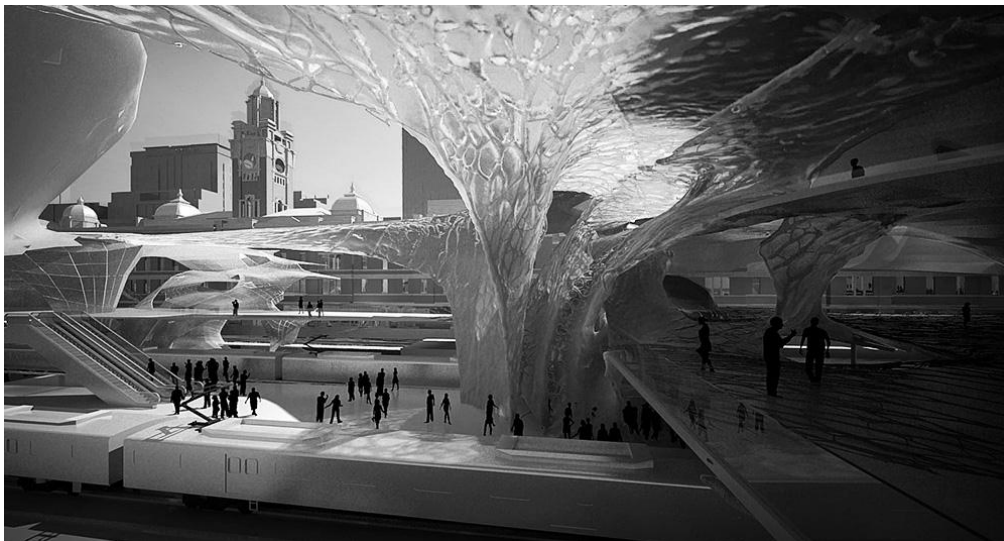


Figura 7.9_Flinders Street Station. Proyecto desarrollado por Studio Roland Snooks + MvS Architects. Aplicación arquitectónica de geometrías obtenidas a partir de simulaciones con sistemas multi-agente. Fuente: www.rolandsnooks.com

Swarm Urbanism

Al igual que en el caso de EmTech, Kokkugia también explorará la posibilidad de extrapolar sus estrategias materiales al campo del diseño urbano. En el proyecto planteado para la reestructuración de los Docklands de Melbourne, la propuesta de Kokkugia consistirá en aplicar los sistemas de agentes y la inteligencia distribuida para crear un nuevo concepto de diseño urbano, *“en el que la noción de master-plan sea sustituido por la de master-algoritmo”* (www.kokkugia.com). La idea es convertir los elementos urbanos y los actores sociales en distintas familias de agentes, cada una con sus propias leyes de comportamiento. La configuración de la ciudad surgirá así de la interacción entre dichos agentes, dando lugar a una forma en constante cambio y siempre adaptada a los eventuales cambios en las condiciones externas. En este tipo de estrategias el arquitecto ya no propone un plan arquitectónico definido sino que más bien diseña un escenario, un experimento en el que los diferentes agentes urbanos son los responsables de crear y definir el propio plan urbano. Nos

encontramos pues ante un nuevo tipo de enfoque en el que las jerarquías tradicionales se rompen para dar paso a un esquema más propio del diseño bottom-up.

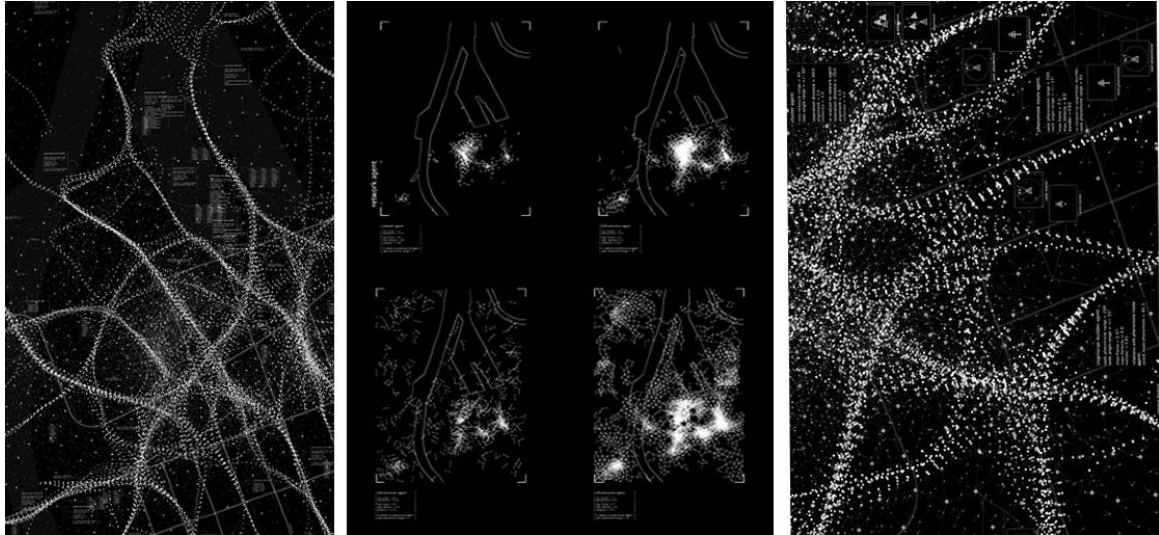


Figura 7.10. "Swarm Urbanism". Propuesta urbana para los Docklands de Melbourne. Australia. 2009. Fuente: www.kokkkugia.com

7.6_ESTRATEGIAS MATERIALES MIXTAS
--

7.6.1 Introducción: Las Estrategias materiales Mixtas y los algoritmos de optimización

En los apartados anteriores hemos visto cómo el paradigma de la complejidad puede llegar a inspirar diferentes métodos de diseño material, tanto a partir de su vertiente sistémica como de su vertiente compleja.

En el primer caso, los “sistemas materiales” son concebidos como entidades geométricas adaptables (paramétricas), como mecanismos capaces de variar su forma para adecuarse a los requerimientos del entorno. El arquitecto es el responsable de diseñar dicho esquema geométrico (diseño top down), y por lo tanto puede llegar a adquirir un notable grado de control sobre la forma final resultante.

En el caso de las estrategias complejas, en cambio, el grado de control del arquitecto es mucho más escaso, ya que su función se limita al diseño de los agentes, es decir, a la programación de partículas aisladas que, al interactuar de manera autónoma, conducen a la emergencia de estructuras materiales (estrategias de diseño bottom-up).

En el presente apartado introduciremos una tercera vía de trabajo, un campo de investigación intermedio formado por estrategias mixtas, capaces de combinar distintos grados de control y de espontaneidad en un mismo proceso. Éste es el caso de los algoritmos de optimización. En los algoritmos de optimización existen agentes generativos, pero su comportamiento se encuentra condicionado por el comportamiento global del sistema, es decir, existen bucles de realimentación que influyen en el comportamiento de los agentes, dirigiendo el sistema hacia estados pre-definidos, estados de optimización.

A continuación trataremos de ejemplificar este gran abanico de posibilidades a través de diferentes casos de estudio, caso que irán desde el uso de los algoritmos de optimización como simple herramienta de corrección o modificación de formas preexistentes, hasta su empleo como medio para la generación de formas innovadoras.

7.6.2 Casos de estudio:

Algoritmos de optimización como herramienta de “Corrección Formal”

Uno de los principales usos de los algoritmos de optimización tiene que ver con la modificación o adaptación de formas existentes o pre-definidas, con el fin de mejorar su comportamiento ante determinados factores.

Este tipo de estrategias de diseño tienen un claro antecedente en los experimentos desarrollados por autores como Antoni Gaudí, Frei Otto o Heinz Isler, entre otros, los cuales empleaban prototipos físicos para obtener formas estructuralmente optimizadas. En la actualidad, gracias al desarrollo de la informática y de los algoritmos de optimización, es posible simular éstos y muchos otros procesos a través de modelos y procedimientos puramente digitales.



Figura 7.11_Reproducción de una de las maquetas de cuerdas empleadas por Antoni Gaudí para el diseño de sus edificios. Fuente: Sakamoto, 2008; 72

Tal y como acabamos de indicar, en la mayoría de los casos los procesos de optimización se emplean para mejorar el comportamiento de formas dadas o pre-definidas, es decir, de estructuras con un alto grado de definición formal, aunque todavía susceptibles de cambios en su geometría final. Los prototipos con catenarias descolgadas de Gaudí constituyen un claro ejemplo: el número de arcos que conforman la estructura está perfectamente definido, así como su posición relativa; el experimento sirve simplemente para determinar con exactitud la forma final de cada arco, la catenaria precisa que permitirá que todo el conjunto trabaje solidariamente a

compresión. Algo similar sucederá con los prototipos de telas mojadas de Otto, o con los modelos paramétricos desarrollados por los alumnos del EmTech.

Para analizar más en profundidad esta vía de trabajo recurriremos a algunos ejemplos desarrollados por el ingeniero japonés Mutsuro Sasaki, experto en la optimización de estructuras y conocido colaborador de arquitectos como Arata Isozaki o Toyo Ito, entre otros. En el libro *“From Control to Design”*, Sasaki presenta el “Sensitivity Analysis Method” (SAM), un procedimiento que sirve para corregir formas orgánicas o formas libres, transformándolas y adaptándolas para mejorar su comportamiento estructural y constructivo. A través del SAM se evitará el tedioso trabajo de prueba y error típico de cualquier aproximación intuitiva al desarrollo de formas libres; será el propio algoritmo el que se encargue de generar diferentes alternativas (iteración) y de evaluar cada una de ellas, repitiendo el proceso de manera recursiva hasta obtener una forma final óptima.

El ejemplo adjunto corresponde al crematorio de Kakamigahara, diseñado por Toyo Ito, en el cual se aplica el SAM para mejorar el comportamiento del cascarón estructural diseñado inicialmente por el arquitecto. La idea era lograr una geometría que minimizase los esfuerzos en el hormigón armado, y cuya geometría pudiera ser construida utilizando un sistema de encofrados lo más racional posible.

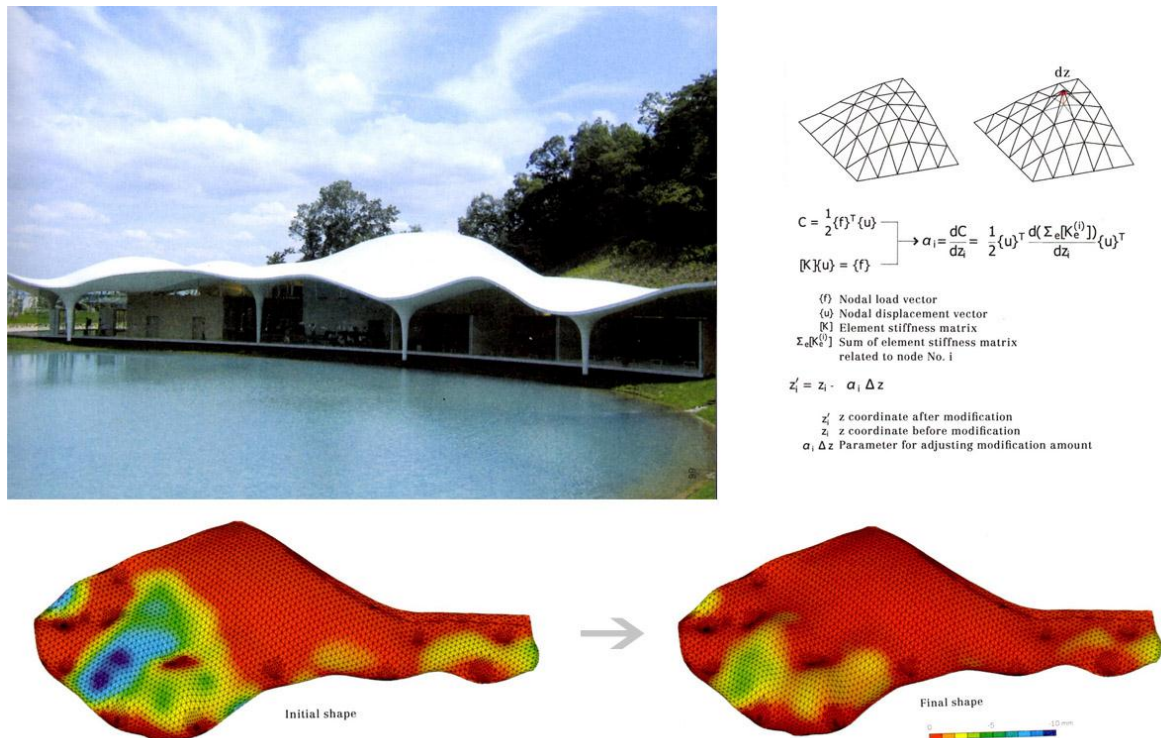


Figura 7.12_Conjunto de imágenes pertenecientes al crematorio Kakamigahara diseñado por Toyo Ito. Esquema de funcionamiento del “Sensitivity Analysis Method.

Fuente: Sakamoto, 2008; 68-108

Tal y como se puede comprobar en los gráficos, el SAM transforma la superficie continua en una malla de puntos, los cuales podrán variar su posición dentro del rango establecido por el diseñador (grado de desviación máximo con respecto a la solución inicial). Cada variación en la posición de los puntos o nodos provocará una variación en el estado tensional del conjunto, dando lugar a los que Sasaki denomina “coeficiente de sensibilidad”. El estudio recursivo de estos coeficientes permitirá que el conjunto evolucione formalmente hacia estados estructuralmente más favorables hasta alcanzar la geometría final deseada.

Algoritmos de optimización como herramienta de “Generación Formal”

El potencial de las estrategias de optimización no se limita simplemente a la corrección de formas dadas, sino que también ofrecen la posibilidad de guiar procesos morfogenéticos más ambiciosos, procesos con un mayor grado de experimentalidad al existir una mayor distancia entre las condiciones iniciales del diseño y la forma final. Estos métodos servirán tanto para la creación de formas continuas, en la línea de las estudiadas en los apartados anteriores, como para el diseño y optimización de formas discontinuas o discretas, tal y como veremos en los ejemplos adjuntos.

Generación de formas continuas:

El proyecto para la nueva estación de Florencia desarrollado por el arquitecto japonés Arata Isozaki constituye uno de los más claros ejemplos de generación de formas continuas a partir de algoritmos de optimización. El encargado de implementar ésta estrategia será nuevamente el ingeniero Mutsuro Sasaki, ésta vez implementando el denominado “Extended Evolutionary Structure Optimization method” (Evolutionary ESO method).

Tal y como indica el propio Sasaki, el algoritmo desarrollado para este proyecto deriva de la imitación de los procesos morfogenéticos naturales, y más en concreto el del árbol de “Banyan” o Baniano, con su particular estrategia de ramificación¹⁵. La idea es reproducir el mecanismo de autoorganización de éstas especies, capaces de crecer y ramificarse manteniendo siempre una tensión constante en todas sus secciones o ramas. Partiendo de este principio, Sasaki desarrolla el

¹⁵ El árbol Banyan, también conocido como baniano o higuera de Bengala, es un árbol subtropical característico del subcontinente indio. Los banianos viejos, a medida que las grandes ramas se extienden horizontalmente, van enviando raíces aéreas que, cuando contactan con la tierra, forman troncos suplementarios. Estos apoyan las ramas permitiendo que el árbol se vaya extendiendo hasta ocupar superficies muy grandes. Fuente: Wikipedia.

“extended ESO method”, un algoritmo de optimización tridimensional capaz de generar estructuras que salven grandes luces con un mínimo empleo de material.

Este será el caso del proyecto para la estación de Florencia, compuesto básicamente por una gran cubierta plana que debe ser sustentada por una estructura con dos únicos puntos de apoyo, separados 150m entre sí. Tal y como se puede comprobar en la imagen adjunta, el proceso de generación formal parte de unas condiciones iniciales mínimas, que se limitan a la definición del plano superior de la cubierta y de los puntos de apoyo con el terreno. A partir de ahí el algoritmo comienza a operar, dando lugar a la emergencia de una estructura ramificada que evoluciona de manera progresiva hasta alcanzar su forma final.

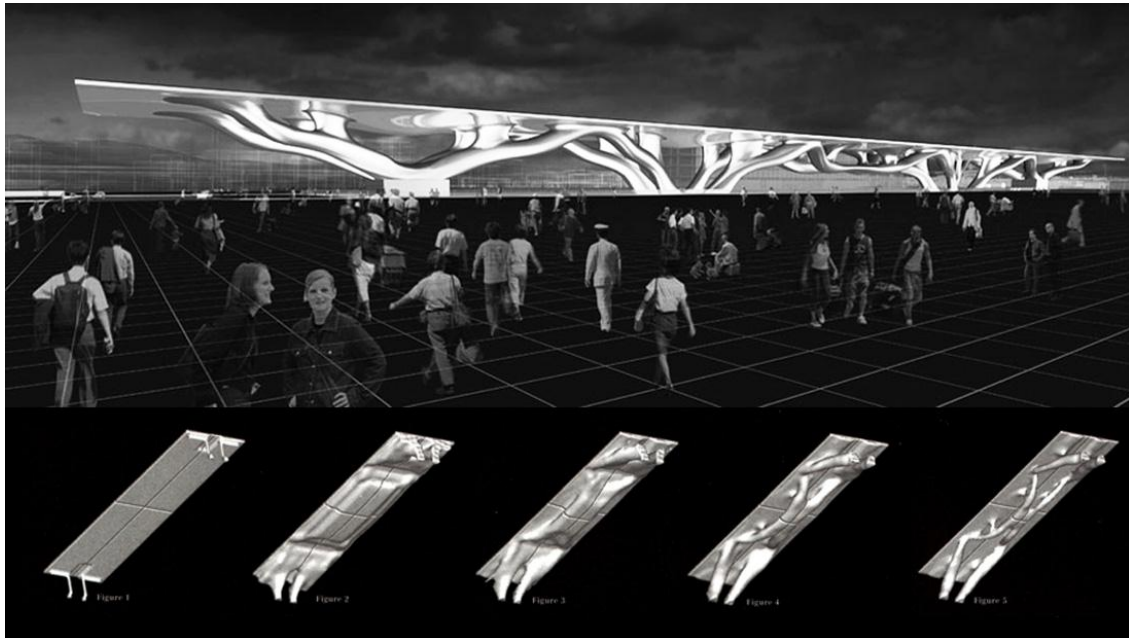


Figura 7.13_Imágenes del proyecto para la nueva estación de Florencia, diseñado por el arquitecto Arata Isozaki. Imágenes de la aplicación del “Evolutionary ESO method” desarrollado por Mutsuro Sasaki. Fuente: Sakamoto, 2008; 68-108)

Tal y como se puede comprobar, nos encontramos ante un caso notablemente diferente al estudiado en el apartado anterior: no estamos corrigiendo formas predefinidas, sino provocando la emergencia de estructuras complejas a partir de condiciones iniciales y leyes relativamente simples. Nos encontramos ante una estrategia directamente ligada a los principios y la filosofía de la complejidad.

Generación de formas discontinuas

La mayoría de ejemplos vistos hasta el momento se refieren a formas continuas, formas que se desarrollan y adaptan obedeciendo a ciertas reglas de contigüidad que se mantienen constantes a lo largo de todo el proceso generativo-evolutivo. Otra posible manera de aproximarse a la generación de la forma será mediante la combinación de elementos o componentes formales discretos, es decir, de “piezas” que pueden ser ensambladas de diferentes maneras. En este tipo de estrategias, conocidas como “gramáticas formales”, el proceso de optimización consistirá en explorar las posibilidades combinatorias existentes entre los diferentes elementos, a fin de determinar cuál de esas combinaciones es la que más se ajusta a los fines deseados.

El arquitecto John Frazer describe así la diferencia entre las dos estrategias de diseño citadas: *“in one alternative approach, known as parametrization, the description of a family of parts allows the specification of a range of parameters, usually dimensions. While this approach is useful for certain engineering applications, it is really only a more flexible extension of existing datastructures. Another approach is that of “Shape grammars”, where the combinatorial rules for elements are specified in order to explore their permutational possibilities. This approach may be better suited to architectural problems (...)”* (Frazer, 1995; 32)

Una de las herramientas matemáticas más utilizadas en este tipo de estrategias es el “algoritmo genético”, cuyos principios hemos explicado ya en el apartado dedicado al análisis del contexto digital (capítulo 3). A continuación estudiaremos con más detalle la aplicación de estos algoritmos en la resolución de problemas arquitectónicos complejos, a través del proyecto “Voxel” desarrollado conjuntamente por LAVA (Laboratory for Visionary Architecture) y la firma Bollinger+Grohmann (B&G).

El proyecto “Voxel” surge como propuesta para un concurso destinado al diseño de un nuevo edificio para la universidad de Stuttgart (2009). La propuesta de LAVA y B&G buscará crear un edificio altamente funcional a partir de un esquema estructural poco convencional, compuesto por un conjunto “no-jerárquico” de losas y muros portantes. La idea es evitar de la rigidez de las habituales grillas estructurales, diseñando un sistema que sea capaz de satisfacer los requerimientos espaciales particulares y a la vez proporcionar un comportamiento estructural eficiente y racional. El resultado será una especie de cuerpo poroso, cuya forma derivará del empleo de algoritmos genéticos en el proceso de diseño.

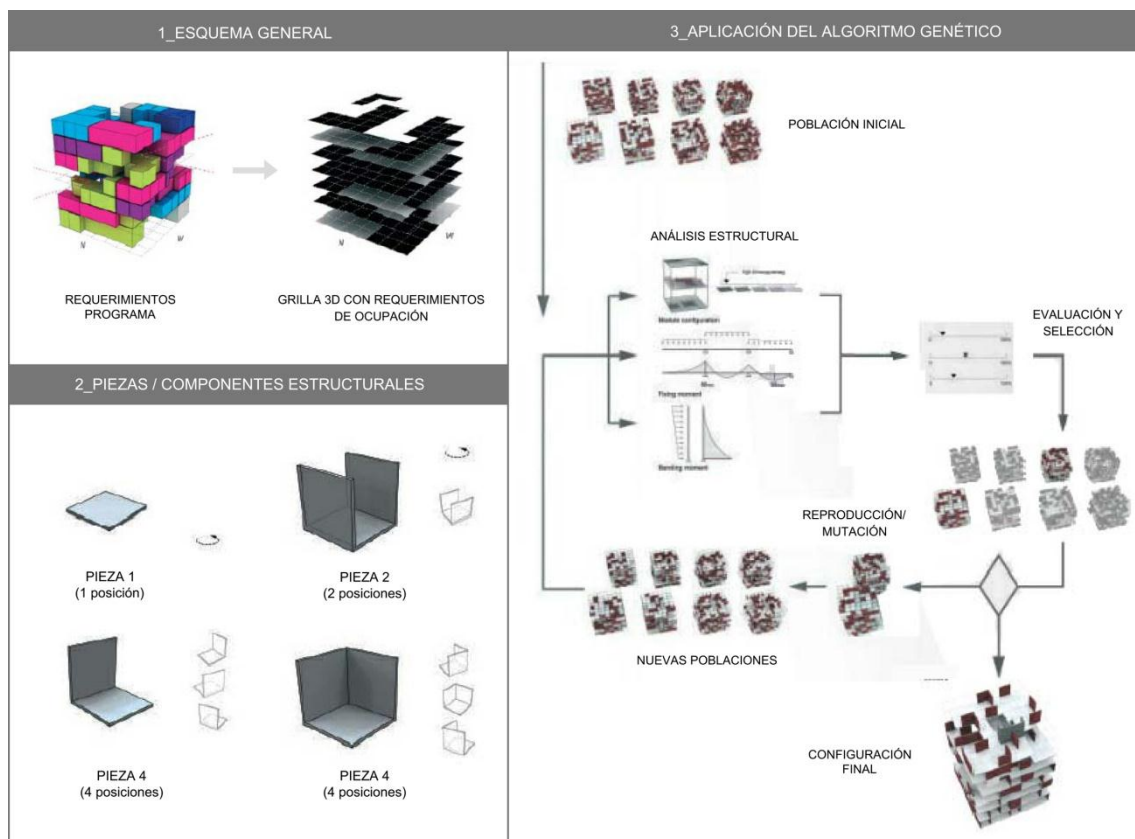


Figura 7.14_Esquema del proceso de diseño del proyecto “Voxel”, desarrollado por LAVA y Bollinger+ Grohmann. Fuente: composición elaborada por el autor a partir de imágenes publicadas en la revista AD nº 206, julio-agosto 2010, titulada “The New Structuralism”. Pags 36,37.

El primer paso consistirá en definir un esquema general que establezca ciertas limitaciones y también ciertos grados de libertad a nivel geométrico. En este caso, este esquema consistirá en una grilla tridimensional que delimitará las dimensiones generales del proyecto y definirá el grado de ocupación (número de alumnos) previsto para cada área o celda de la grilla.

El segundo paso consistirá en definir los componentes estructurales tipo, es decir, las “piezas” a partir de las cuales se construirán las diferentes configuraciones estructurales. Estas piezas, junto con todas sus posibles orientaciones, se convertirán en el banco de genes del algoritmo genético.

7.7_CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Resumen

En el presente capítulo se ha demostrado cómo el paradigma de la complejidad y las herramientas digitales son capaces de inspirar y apoyar nuevas vías de investigación arquitectónica (y urbana, en menor medida), nuevas vías en las que las lógicas materiales y energéticas se convierten en el eje central del diseño. En la presente tesis hemos abordado su estudio a partir de diferentes categorías o tendencias, evidenciando la existencia de diferentes posicionamientos teórico-prácticos.

En primer lugar se han presentado las “Estrategias Sistémicas”, basadas en la consideración de las estructuras arquitectónicas y urbanas como organismos capaces de adaptarse y autorregularse. Éstas han sido ejemplificadas a través del trabajo del grupo EmTech, el cual utiliza herramientas de diseño paramétrico para crear estructuras genéricas y adaptables ante diversos requerimientos tectónico-ambientales. A continuación se han analizado las “Estrategias Complejas”, representadas por el trabajo del grupo Kokkugia y centradas en la síntesis de estructuras arquitectónicas y urbanas a partir de simulaciones con partículas y agentes vida. Por último se ha introducido una tercera categoría que evidencia la existencia de métodos y herramientas intermedias entre los dos casos anteriores, herramientas híbridas que se reflejan principalmente en los procesos de optimización y “form-finding”.

Cabe señalar que estas categorías son solamente orientativas, categorías no-estancas que tenderán constantemente a complementarse y entremezclarse entre sí. En definitiva, lo que se demuestra es la existencia de un amplio campo de investigación que encuentra en la naturaleza y en las ciencias de la complejidad un aliado clave para progresar hacia estrategias de diseño innovadoras que permitan mejorar el comportamiento tectónico y ambiental de los diseños arquitectónicos (y urbanos).

Comentarios Generales

A continuación resaltaremos algunas ideas y conclusiones derivadas del estudio de las estrategias tectónico-ambientales:

Estrategias Tectónico-Ambientales y Patrones Formales

En la mayoría de los casos estudiados es posible detectar una cierta tendencia a trabajar con formas de carácter orgánico, formas libres y adaptables inspiradas por las leyes y geometrías propias de la naturaleza. Esto, sin embargo, no debe entenderse como una regla o limitación, sino que simplemente constituye una de tantas posibilidades existentes dentro del campo de las estrategias tectónico – ambientales. Tal y como indica A. Estévez, el hecho de recurrir a analogías y referentes biológicos no debe suponer ningún tipo de limitación desde el punto de vista estético o formal (Estévez, entrevista). Esto se verá apoyado a su vez por la inclusión de casos de estudio como el proyecto “Voxel”, de LAVA+ Bollinger+Grohmann, el cual reflejará la posibilidad de trabajar también con geometrías más fraccionadas y discontinuas.

El papel del Arquitecto en las Estrategias Tectónico-Ambientales

En todas las estrategias materiales estudiadas existe una parte del proyecto que escapa al control del arquitecto, una parte que es definida a través de simulaciones y algoritmos calculados por medio del computador. Este grado de incertidumbre puede ser limitado, como en el caso de algunos métodos de optimización o mejora formal, o bastante relevante, como en las estrategias basadas en agentes. En los casos más radicales incluso llegará cuestionarse el papel del propio arquitecto como agente creador en un sentido tradicional. El arquitecto ya no diseña la forma final, sino el proceso que conduce a dicha forma; tal y como afirma Neil Leach, *“el arquitecto (simplemente) supervisa la “formación” de la arquitectura”* (Leach et al., 2004).

Estos nuevos métodos abren una nueva vía para la innovación, aunque también merece la pena preguntarse si la incertidumbre sobre el resultado final es un aspecto positivo o siquiera deseable para la arquitectura. Lo que está claro, según N.M.Larsen, es que la aplicación de estos métodos no tiene sentido cuando el resultado final es predecible de antemano. (Larsen, 2012; 77).

Para algunos autores como Manuel De Landa, se trata simplemente de desarrollar una nueva faceta como arquitectos, de iniciar un nuevo proceso de aprendizaje en el que el diseñador ya no aprende a diseñar formas fijas sino a programar procesos y a intuir los resultados que derivarán de los mismos.

Estrategias Tectónico- Ambientales y Nuevas Tecnologías

Dentro de las diferentes vertientes estudiadas, las estrategias tectónico-ambientales son las que muestran una relación más directa con el mundo de la tecnología, ya que su desarrollo no depende solo del surgimiento de nuevas plataformas de software, sino de todo el conjunto de herramientas que permiten que los diferentes diseños sean construidos. Así pues, es posible afirmar que el desarrollo de este tipo de investigaciones dependerá en gran parte del rumbo que adopte la tecnología y la industria de la construcción durante las próximas décadas. De ello dependerá que las arquitecturas imprimidas o construidas a partir de estructuras orgánicas se conviertan en una realidad o en una simple utopía.

La evolución de las Estrategias Tectónico –Ambientales

Las estrategias tectónico-ambientales estudiadas en el presente apartado tienen un claro precedente en la arquitectura bioclimática tradicional, una arquitectura basada en el uso de sistemas y recursos constructivos convencionales para lograr el acondicionamiento pasivo y la mejora energética y tectónico-ambiental de los edificios. Las propuestas aquí estudiadas se enfrentarán a retos similares, aunque para ello harán uso de un nuevo universo formal, más próximo a la naturaleza y posibilitado por las herramientas digitales. Uno de los retos de las nuevas estrategias consistirá en demostrar que son capaces de llegar a mejores resultados que la arquitectura bioclimática tradicional, algo que debe ser demostrado no sólo en la teoría sino también en la práctica, con métodos de construcción más eficientes y asequibles. En definitiva, deberá demostrarse que los experimentos aquí estudiados son algo más que exploraciones formalmente sugerentes, dando lugar a soluciones reales y aplicables en la realidad de la práctica profesional.

Esto dependerá en gran medida de la evolución de las técnicas de construcción, otro de los grandes retos pendientes en esta vía de trabajo. De hecho, este reto no debería limitarse simplemente a lograr una mayor difusión y normalización de las técnicas de impresión 3D, sino que debería ir más allá para tratar de conectar las técnicas de construcción con los procesos propios de la naturaleza y la biología. Éste es el reto planteado por el arquitecto Alberto Estévez y el grupo “Arquitecturas Genéticas”, un reto ambicioso que sin duda debería considerarse como uno de los objetivos finales de esta vía de investigación.

Las estrategias Tectónico-Ambientales como Paradigma de Diseño

Todas las estrategias estudiadas en el presente capítulo reivindican la importancia de incorporar las lógicas materiales y energéticas como motor principal del diseño arquitectónico. Bajo estas premisas será posible crear y ensayar diferentes

modelos y prototipos, aunque difícilmente se llegará a diseñar proyectos arquitectónicos y urbanos completos basados exclusivamente en argumentos o lógicas materiales. Para poder llegar a una escala mayor será necesario elaborar un discurso más completo en el que las lógicas materiales se complementen con otro tipo de consideraciones de carácter estético, social, etc. Esto no quita para que las estrategias tectónico- ambientales puedan inspirar discursos a nivel arquitectónico y urbano, pero claramente necesitarán ser complementados con criterios y requerimientos procedentes de otros campos y vertientes. En la tercera parte de la tesis profundizaremos un poco más sobre los vínculos entre las estrategias tectónico- ambientales y el resto de vertientes.

PARTE III

HACIA UNA VISIÓN INTEGRADA DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

INTRODUCCIÓN PARTE III:

HACIA UNA VISIÓN INTEGRADA DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

En la tercera parte de la tesis se desarrollará un estudio conjunto de las diferentes propuestas y planteamientos vistos en parte II, enfrentándolas entre sí para detectar puntos de encuentro y de debate entre ellas. De esta manera busca ofrecer una visión más integrada y completa de la arquitectura compleja, presentando un campo de acción diverso y dinámico, abierto al intercambio de ideas y a la colaboración entre diferentes vías de trabajo.

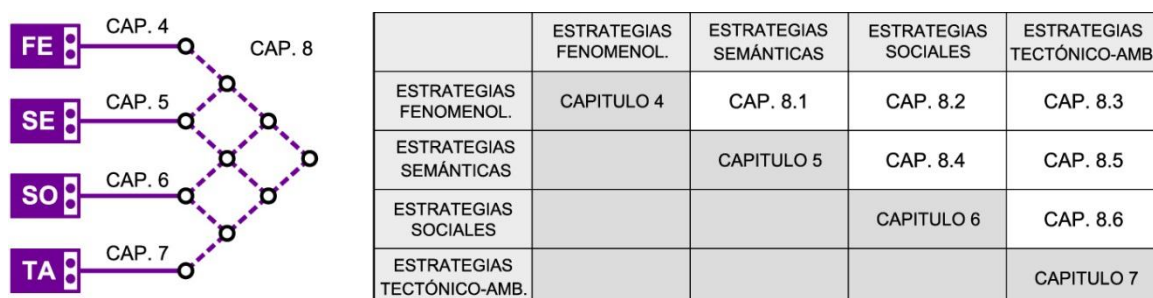


Figura 8.1_Esquema general de la tercera parte de la tesis. Fuente: Jon Arteta

La división de la investigación arquitectónica en diferentes vertientes nos ha ayudado a detectar y describir diferentes puntos de partida, diferentes maneras de aproximarse al estudio de la complejidad arquitectónica. Gracias a ello hemos logrado estructura de estudio clara y ordenada, aunque ahora tocará romper las barreras y hacer que las diferentes propuestas dialoguen entre sí. La arquitectura es una disciplina global y holística, y no una simple yuxtaposición de funciones, por lo que resultará fundamental dedicar un capítulo a la síntesis y la hibridación entre diferentes aproximaciones.

Tal y como se indica en el esquema adjunto, cada una de las vertientes cuenta con sus principios y objetivos básicos, unos objetivos tenderán a ampliarse a medida que se desarrollan las diferentes vías de trabajo. Todos los discursos tenderán a evolucionar y a expandir sus límites, tratando de generar cada vez un mayor rango de influencia. Como consecuencia de esto las diferentes teorías y propuestas se solaparán generando un campo de acción común, un espacio de convivencia y debate que trataremos de analizar y describir a lo largo del presente capítulo.

Cabe señalar que no todas las propuestas alcanzarán el mismo grado de expansión y de éxito en la conquista de nuevos campos de acción, por lo que no nos encontramos ante una comparación entre campos equivalentes, sino simplemente ante la puesta en común de posturas y aproximaciones diversas.

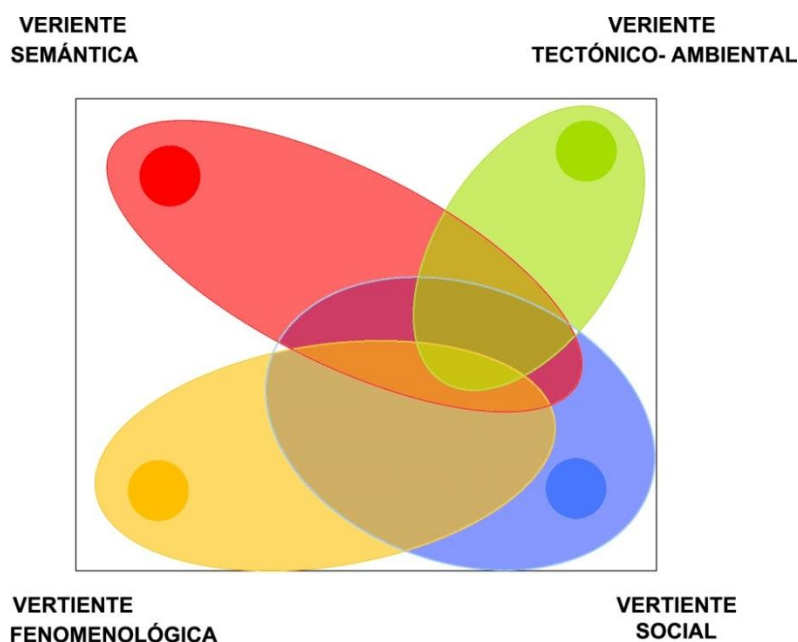


Figura 8.2_Esquema de superposiciones y confluencias entre las diferentes vertientes arquitectónicas. Fuente: Jon Arteta

También será importante indicar que todas las teorías, independientemente de su rango de acción, dejarán espacio para el diálogo y la interacción con otros planteamientos, pudiendo completarse y complementarse entre sí. Esto no quita para que en ocasiones surjan incompatibilidades y posiciones encontradas, aunque en la mayoría de los casos estas diferencias serán salvables o al menos negociables. En el presente capítulo trataremos de sondear estos campos intermedios, mostrando posibles compatibilidades y citando el trabajo de autores clave que pueden ayudar a ejemplificar y a entender mejor las posibilidades existentes en este terreno híbrido.

En cualquier caso, cabe señalar que, pese a la existencia de solapes y de campos de acción compartidos, el diálogo entre las diferentes vías de trabajo es mucho menos fluido de lo que podría esperarse. La tendencia a la especialización y a la sectorización de las estructuras docentes e investigadoras hará que el intercambio entre las diferentes vías de trabajo tienda a ser limitado, generando un escenario fraccionado en el que cada grupo de investigación se afianza y acomoda en su respectivo nicho. Tal y como veremos a lo largo del presente apartado existen algunas alusiones y referencias cruzadas, aunque estamos todavía lejos de lograr un entorno

de debate fluido que permita abordar los problemas arquitectónicos y urbanos de manera global. Para compensar esta carencia se ha decidido realizar una serie de entrevistas a diferentes protagonistas vinculados a la arquitectura compleja, protagonistas pertenecientes a diferentes tendencias y vertientes, a los cuales se ha invitado a reflexionar desde una perspectiva global. Tal y como se indicó al comienzo de las entrevistas, las preguntas están orientadas a explorar los límites de sus respectivas vías de investigación, indagando sobre posibles conexiones y vínculos con respecto a otros posicionamientos y discursos. Las respuestas obtenidas de dichas entrevistas constituirán así un material fundamental para el desarrollo de esta tercera parte de la tesis. Asimismo, este espacio de debate se completará con las opiniones y juicios propios del autor de la tesis, incluyendo un apartado final dedicado a la explicación e interpretación de algunos de los puntos clave de la arquitectura compleja.

CAPITULO 8_HACIA UNA VISIÓN INTEGRADA DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

8.1_ESTRATEGIAS FENOMENOLÓGICAS – ESTRATEGIAS SEMÁNTICAS

Debate entre dos posturas encontradas

Es posible señalar la existencia de una importante confrontación y/o debate entre los protagonistas de la vertiente semántica y son autores citados en la vertiente fenomenológica. Ambos grupos poseen intenciones y puntos de partida notablemente diferentes, existiendo entre ellos una distancia difícil de salvar. En la entrevista realizada para la presente tesis, Andres Duany describe claramente este contexto: *“Existen dos tipos de arquitectos: los que se limitan a expresar la situación, que son los que le interesan a Jencks, y los que trabajan para mejorar la situación, dentro de los cuales nos encontramos los integrantes del Nuevo Urbanismo. Los arquitectos expresivos, como Gehry, Koolhaas, etc. buscan expresar el caos, la relatividad, la neurosis, etc.; los arquitectos del nuevo Urbanismo no queremos expresar eso, queremos arreglarlo. No somos artistas expresivos, sino reformadores proactivos. Son dos mundos totalmente diferentes: no nos reconocemos”* (Duany, entrevista). Evidentemente la postura asignada por Duany al “Nuevo Urbanismo” se corresponde con la postura defendida por Christopher Alexander, Nikos Salingaros y sus colaboradores.

Nos encontramos ante una confrontación sostenida en el tiempo, con hitos como el debate entre Christopher Alexander y Peter Eisenman en la Escuela de Diseño de la Universidad de Harvard, en el año 1982 (Steil et. Al., 2004), una instancia ampliamente comentada que marcará claramente las diferencias entre estas dos corrientes de pensamiento. Este debate seguirá extendiéndose hasta nuestros días a través de diferentes autores, pudiendo destacar especialmente la crítica realizada por N.Salingaros a C.Jencks, en el artículo titulado *“Charles Jencks and the New Paradigm in Architecture”* (Salingaros, 2004b)

Schumacher, por su parte, se mantendrá relativamente al margen de este debate, aunque siempre opinando y haciendo comentarios sobre los protagonistas anteriormente citados. A continuación citaremos algunos de los temas más relevantes en este debate, explicando los posicionamientos defendidos por los diferentes autores:

Debate sobre los valores y objetivos del diseño arquitectónico: Armonía y orden científico Vs Discursividad y diversidad cultural

Tal y como queda reflejado en la frase de Duany, existen importantes diferencias en lo que respecta a la manera de entender y enfocar los problemas arquitectónicos por parte de los protagonistas de ambas vertientes.

Por una parte tendremos a Alexander y Salingaros, los cuales buscan crear diseños armónicos, que generen sensaciones positivas en los usuarios, diseños guiados por principios universales, de carácter científico, y permanentes en el tiempo. En el lado opuesto tendremos a autores como Jencks, el cual prioriza los discursos de carácter intelectual, generando una arquitectura sensible a las modas y a los valores cambiantes de la cultura y la sociedad, una arquitectura expresiva que en muchas ocasiones transmite valores y sensaciones opuestas a las promulgadas por Alexander¹.



Figura 8.1_ Comparativa entre el diseño planteado por D.Libeskind para la ampliación del Victoria & Albert museum, y un boceto alternativo desarrollado por Alexander, en los cuales se ve claramente reflejada la diferencia de intenciones y preferencias estéticas entre ambos autores. Fuente: Alexander, 2002; 358-359

Evidentemente la realidad de nuestras percepciones y preferencias estéticas se situará en algún punto intermedio entre ambas posturas; la ciencia ha demostrado la existencia de ciertos principios perceptivos básicos, pero sin duda estos se encuentran matizados e influidos por las vivencias de cada individuo y su contexto cultural. Esto dará lugar a una situación híbrida, dialéctica, en la que ambos componentes conviven y se relacionan.

¹ Jencks, por ejemplo, al describir el Aronoff Center de Eisenman, destaca su voluntad de provocar e impactar, de desestabilizar al observador generando un drama espacial (Jencks, 2002; 214).

En opinión del autor de la tesis, parece razonable pensar que la historia de la arquitectura ha estado guiada por esta misma dialéctica, combinando principios o leyes atemporales con recursos más transitorios y variables adaptados a las necesidades y preferencias de cada época. En cierto modo, esto nos remite una vez más al concepto de complejidad organizada, siendo las leyes atemporales las que unen y dan coherencia a episodios y situaciones diversas. En el ámbito del diseño arquitectónico, estas leyes permanentes en el tiempo podrían identificarse con los principios propuestos por Salingeros entorno a la fractalidad y las jerarquías escalares, unos principios suficientemente flexibles y adaptables como para albergar y hacer de marco para relatos y episodios arquitectónicos diversos.

Este escenario daría lugar a diseños armónicos pero con espacio también para la sorpresa y lo inesperado. Al fin y al cabo, tal y como indica el matemático Ian Stewart, la variedad y la diversidad también son parte de nuestras necesidades cognitivas: *“The human brain has evolved to get bored if things stay the same for too long. It’s a great survival characteristic”* (Hanson, 2004b). Así, las leyes o patrones de orden deberían garantizar la existencia de un entorno armónico y equilibrado en el cual se inserten elementos singulares e icónicos en diferentes escalas y con diferentes órdenes de magnitud. La idea es que estos elementos singulares convivan y se integren de manera equilibrada, formando parte de la misma estructura fractal.

Debate sobre el Proceso de Diseño. Libertad, Sistemática y Adaptabilidad Formal

Para crear arquitecturas complejamente organizadas en los términos que acabamos de explicar, será necesario combinar una cierta libertad creativa y formal altas dosis de sistematicidad. Jencks será por supuesto el representante de la libertad metodológica y formal, mientras que Alexander y Schumacher reflejarán la sistematicidad en el proceso de diseño. De hecho, pese a las importantes diferencias en cuanto a sus resultados finales, es posible detectar un alto grado de correspondencia entre las “Transformaciones para Extender la Totalidad” de Alexander y el proceso de diseño paramétrico planteado por Schumacher. Para Alexander, por ejemplo, el diseño arquitectónico consiste en ir extendiendo y desarrollando una estructura topológica de “centros” a los que llama “totalidad”, algo que no dista mucho de los “fields” / “campos arquitectónicos” de Schumacher. En ambos casos se trata de ir haciendo que estos campos sean cada vez más diversos y adaptados al entorno, desarrollando un proceso morfogénico progresivo.

Cada uno de ellos, sin embargo, recurrirá a sistemas formales radicalmente diferentes, ya que las geometrías continuas y orgánicas de Schumacher poco tienen que ver con las “15 propiedades de la totalidad” que rigen el universo formal de

Alexander. Nos encontramos por lo tanto ante planteamientos formales opuestos ² para un proceso de diseño similar, algo que resulta paradójico y que en cierto modo revela que lo verdaderamente importante y “atemporal” es el proceso de diseño seguido por ambos autores, y no tanto sus interpretaciones formales. En opinión del autor de la tesis, la elección de no u otro sistema formal (o combinaciones de los mismos) debería responder a los requerimientos del contexto, y no a dogmas o preceptos formales pre-fijados.

En este sentido será necesario criticar la tendencia historicista manifestada por algunos autores de la vertiente fenomenológica, como aquellos vinculados al “Nuevo Urbanismo” ³. El hecho de fijarse exclusivamente en las propiedades perceptivas de la arquitectura hace que se den por buenas formas ajenas al contexto actual, formas que transmiten mensajes desconectados de la realidad y los valores contemporáneos. Así, la arquitectura compleja debería adaptarse no sólo al entorno físico sino también al contexto temporal y cultural.

Asimismo, será necesario destacar la diferencia entre los procesos generativos “adaptativos” descritos por Alexander y Schumacher y los procesos generativos “discursivos” o “formalistas” desarrollados por algunos autores de la vertiente semántica, como por ejemplo Peter Eisenman. Tal y como indica M. Mehaffy, *“Eisenman’s generativity is used solely as a resource for one artist’s expressive master plan, imposed on the site at a very large scale (...) It is a static and non-adaptive work of art”* (Mehaffy, 2008). Mehaffy critica así la actitud abstracta e impositiva desarrollada por estos autores, pronunciándose a favor de un espíritu más adaptativo e integrador. Tal y como indicábamos anteriormente, debe existir espacio para los hitos y elementos singulares, pero estos deben entenderse como “episodios” puntuales dentro de diseños principalmente sistemáticos y adaptativos.

Por último, en lo que respecta a las herramientas de diseño, indicar que el software paramétrico y generativo constituyen siempre una ayuda a la hora de “sistematizar” el diseño, si bien estas herramientas deberían estar integradas en métodos o plataformas más amplias que permitan también ciertas dosis de espontaneidad, dando lugar a un proceso de diseño combinado o híbrido.

² Alexander considera que las arquitecturas basadas en NURBS o formas fluídas “cannot be understood as being composed of simple elementary shapes at all. (...) In effect, it is not made of centers at all. When space is truly whole, the elements are always made up from shapes which are much more regular in some sense” (Alexander, 2002; 181). Schumacher, por su parte, considera que con las geometrías clásicas es imposible alcanzar los grados de flexibilidad y versatilidad necesarios para generar una arquitectura realmente coherente e integrada estéticamente.

³ Cabe señalar que Alexander siempre ha defendido la innovación en el diseño (a pesar de que sus obras no lleguen a reflejarlo), discrepando así con los seguidores del “Nuevo Urbanismo”.

8.2 ESTRATEGIAS FENOMENOLÓGICAS – ESTRATEGIAS SOCIALES

Confluencia entre dos vías de trabajo altamente complementarias

Las estrategias fenomenológicas y sociales estudiadas en la presente tesis comparten el deseo de conocer y analizar científicamente la relación existente entre la dimensión física y la dimensión humana de la ciudad. Evidentemente la vertiente fenomenológica pondrá una mayor atención sobre la escala del individuo, mientras que las estrategias sociales velarán por los fenómenos globales derivados de cientos o miles de acciones individuales. En cualquier caso, tal y como indica Hillier, ambas aproximaciones pueden considerarse como vías de trabajo paralelas y complementarias entre sí: *“it’s a parallel development, I think. (...) In a sense we’re trying to do the same thing. Chris (Alexander) is trying to ‘mine’ reality for structures. I’m trying to do that in a different way, and I think also I’m trying to do that at a larger scale”* (Mehaffy, 2004). Esta confluencia de intereses se traducirá en numerosas alusiones y citas cruzadas entre los autores de ambas vertientes, pudiendo destacar también una importante resonancia entre los conceptos e ideas planteados por ambas partes.

Centros, jerarquías y fractales: la base de las teorías sociales y fenomenológicas

Es posible detectar una clara correspondencia entre la “Teoría de Centros” de Alexander y el concepto de “Pervasive Centrality” propuesto por Hillier, defendiendo en ambos casos la presencia de “centros” o nodos de actividad en las diferentes escalas arquitectónicas y urbanas.

En el caso de Alexander, la “teoría de centros” nace principalmente de experimentos cognitivos y observaciones a escala local (análisis de objetos y espacios arquitectónicos), obteniendo ideas y principios que se expanden hasta la escala global de la ciudad. Así, Alexander pretende crear estructuras “vivas” en todas las escalas, estructuras capaces de generar percepciones y dinámicas sociales positivas mediante la aplicación recursiva de las “15 propiedades de la totalidad”. Algunos autores como David o Henri Bortoft, sin embargo, señalarán ciertas carencias en la propuesta de Alexander, afirmando que *“the fifteen properties may cast an incomplete understanding when one attempts to apply them to the larger-scale environmental fabric of buildings and places around and within which the lifeworlds of real human beings actually unfold”*. (Seamon, 2007). El propio Salingaros respaldará esta opinión, afirmando que los “centros”/“patrones” de Alexander son fáciles de validar y verificar cuando aluden a la escala de observación humana, pero difícilmente comprobables cuando se refieren al ámbito urbano y territorial (Salingaros, 2005; 196-197). En este último caso, las leyes de Alexander se ven reducidas a simples conjeturas o intuiciones, al carecer de una demostración sólida desde el punto de vista científico.

Este vacío será cubierto por la teoría de la sintaxis espacial de Hillier, la cual proporciona herramientas matemáticas y argumentos científicos para defender la idea de la centralidad distribuida o “pervasive centrality”, tal y como queda demostrado en artículos como “*Spatial Sustainability in Cities*” (Hillier, 2009). Gracias a las mediciones y estudios realizados en el ámbito de la sintaxis espacial, Hillier afirma que este tipo de configuraciones son la clave del buen funcionamiento y la sostenibilidad urbana en sus diferentes dimensiones, social, económica, ecológica, y también fenomenológica.

Estas propuestas se verán complementadas y afianzadas a su vez por el trabajo de Nikos Salingaros, que a través de sus “Leyes del Orden Estructural” logrará unir e interrelacionar entre sí las diferentes escalas locales y globales. Salingaros deja claro que no basta solamente con la existencia de centros en las escalas mayores de la ciudad, sino que esta jerarquía de centros deberá descender hasta la escala más pequeña perceptible por los seres humanos, generando estructuras de carácter fractal. De este modo se tienden a aunar los criterios fenomenológicos y sociales, enlazando a su vez con las teorías de Batty sobre la fractalidad urbana y las leyes de escala.

Tal y como se puede comprobar, nos encontramos ante dos vías de trabajo altamente coincidentes en cuanto a sus conceptos y criterios base, si bien cada una de ellas dispone de sus propios métodos y herramientas. De hecho, podemos decir que nos encontramos ante dos aproximaciones complementarias aunque no equivalentes: ni las “15 propiedades de la totalidad” de Alexander son una garantía de buen funcionamiento social, ni la fractalidad urbana de Hillier y Batty asegura que sus resultados vayan a ser perceptualmente positivos. Para llegar a resultados satisfactorios desde el punto de vista fenomenológico y social será necesario combinar ambas metodologías de trabajo.

Fractalidad y jerarquías escalares: ¿Principios atemporales?

Tal y como hemos visto en los capítulo 4 y 6, los principios de fractalidad y de jerarquía escalar parecen estar presentes en todo tipo de estructuras naturales y arquitectónicas, incluyendo multitud de diseños pertenecientes a la tradición histórica. Así lo demuestran las investigaciones de Alexander, Salingaros, Hillier, etc., presentándolas como leyes atemporales que subyacen tras los diferentes diseños arquitectónicos y urbanos a lo largo de la historia. Tal y como indicábamos en el apartado anterior, podríamos hablar pues de patrones de orden genéricos, de principios generales que se presentan como una guía fundamental no sólo para las construcciones pasadas, sino sobre todo para los diseños y vías de investigación enfocados hacia el futuro de la disciplina. De hecho, tanto Alexander como Hillier insistirán en la necesidad de innovar y de buscar nuevas formas que, cumpliendo con las leyes anteriormente citadas, ofrezcan soluciones innovadoras adaptadas a las necesidades y anhelos de la sociedad contemporánea.

En cualquier caso, cabe señalar que tanto Alexander/Salingaros como Hillier/Batty tienden a fallar en la parte propositiva, careciendo de propuestas prácticas que estén al nivel de las aspiraciones teóricas. Así, Alexander no logrará imprimir a sus diseños el carácter innovador reclamado en sus escritos teóricos, mientras que Hillier y el grupo Space Syntax Laboratory tenderán a desarrollar una función principalmente técnica, actuando como consultores de otras oficinas sobre las cuales recae la tarea propositiva. Esto no quiere decir que sus propuestas carezcan de validez, pero sin duda constituyen una aproximación tímida y limitada a un universo cargado de posibilidades. En opinión del autor de la tesis, los futuros investigadores de la arquitectura compleja deberían recoger el testigo de estos autores y tratar de combinar estos principios fundamentales con propuestas y visiones más creativas e innovadoras.

Integración de ambas posturas desde una visión práctica: la propuesta de Andres Duany

Una vez constatada la complementariedad entre vertientes, el siguiente paso consistirá en plantear propuestas que sean capaces de integrar ambas aproximaciones dentro de una metodología de diseño coherente. Evidentemente este reto puede ser afrontado de diferentes maneras, existiendo aproximaciones diversas de autores como Andres Duany, Michael Mehaffy, Stephen Marshall, etc.

Una de las más destacables puede ser la propuesta de Andres Duany y la oficina DPZ, autores del denominado “Smart Code”, una herramienta que busca incorporar los principios propuestos por Alexander/Salingaros y Hillier/Batty en el seno de la planificación y el desarrollo urbano. Para ello, el “Smart Code” plantea la división de la ciudad en diferentes “zonas”, describiendo una gradación progresiva desde las zonas rurales hasta los núcleos urbanos. Cada una de estas zonas promoverá a su vez la mezcla de usos así como la utilización de “patrones” formales coherentes con el carácter y la escala de cada zona. De este modo se establece una jerarquía que garantiza la existencia de un tejido urbano coherente y fractal, un tejido urbano que varía de manera progresiva ofreciendo “centros” o nodos de actividad en todas sus escalas.

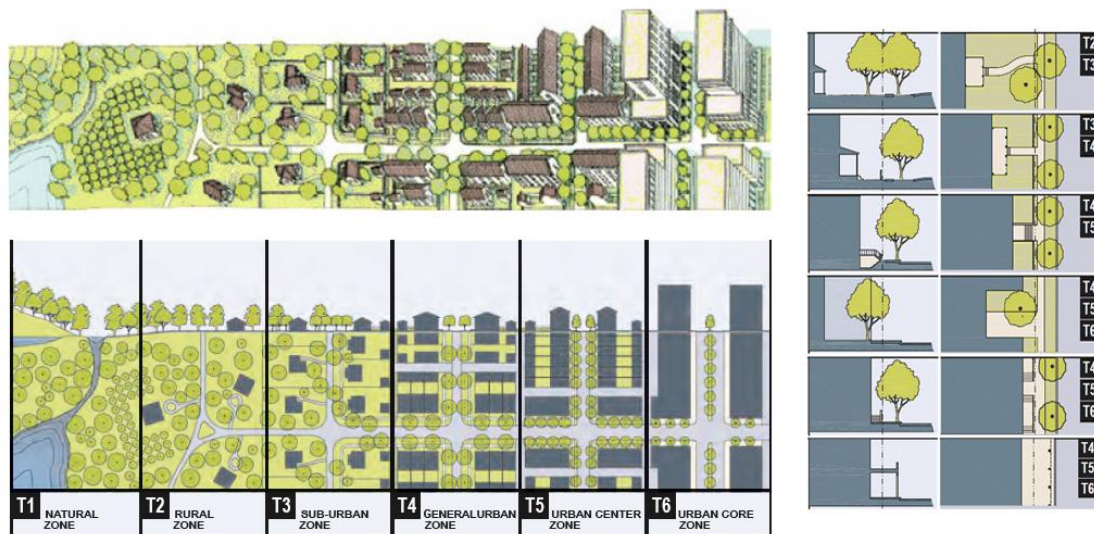


Figura 8.2_Imágenes explicativas del funcionamiento del Smart Code.

Fuente: DUANY et al. 2012; .DUANY & FALK, 2016

Asimismo, todos los patrones propuestos en el “Smart Code” son de carácter paramétrico, de modo que pueden ser ajustados y adaptados en función de los deseos y aspiraciones de cada comunidad y/o vecindario. La idea es que la norma no sea impositiva o excesivamente restrictiva, sino que deje espacios de libertad para que los ciudadanos la adapten y moldeen según sus necesidades. De este modo se genera un cierto diálogo entre el control top-down típico de la planificación tradicional y los procesos bottom-up que posibilitan la expresión y canalización de la voluntad ciudadana en el ámbito local. Nos encontramos pues ante una solución de compromiso, una solución que en opinión del autor de la tesis resulta excesivamente rígida y limitante a nivel formal, pero que de alguna manera busca generar espacios de libertad dentro de la planificación convencional.

Por último, para garantizar que todas estas medidas generan entornos urbanos verdaderamente activos y funcionales, Duany plantea la posibilidad de utilizar las herramientas de sintaxis espacial, a fin de evaluar y controlar los efectos sociales de sus diseños. Así, el boceto previo a la publicación del libro “Transect”⁴ (Duany & Falk, 2016), Duany incluye alusiones al trabajo de Hillier y a la sintaxis espacial, recogiendo algunos ejemplos desarrollados por su oficina (Figura 8.3). Cabe señalar que nos encontramos ante una aproximación sumamente escueta y esquemática, aunque revela la existencia de un importante campo de acción común. Sin duda la incorporación de herramientas como la sintaxis espacial o las simulaciones con agentes ayudarían a mejorar el comportamiento social de estos diseños, logrando así

⁴ El “draft” al que se hace referencia es un documento facilitado por Andres Duany al autor de la presente tesis, un documento inédito que se espera pueda ser publicado en fechas próximas, con las correspondientes correcciones y modificaciones.

la ansiada confluencia entre los aspectos fenomenológicos y sociales. De hecho, muchos de los diseños desarrollados por el “Nuevo Urbanismo” (entre cuyos promotores se encuentra Duany) han sido criticados por la falta de vitalidad y actividad social en sus calles, problema que podría ser resuelto en el caso de incorporar las herramientas anteriormente citadas.

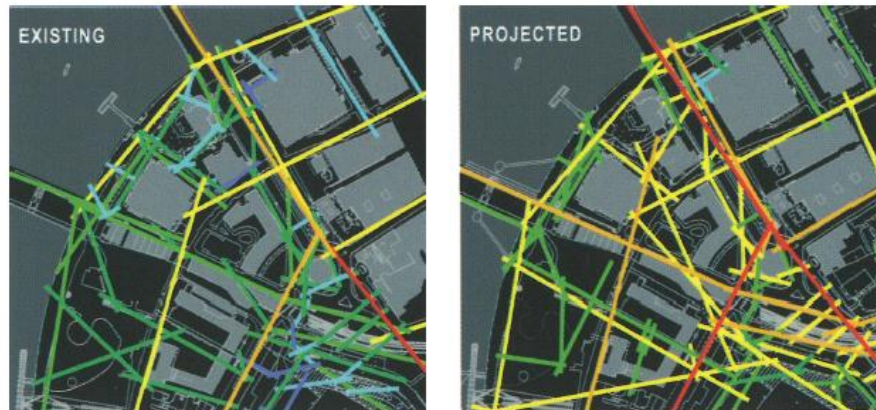


Figura 8.3_Análisis de diseño urbano desarrollado por Andres Duany a partir de métodos de sintaxis espacial. Fuente: Duany & Falk, 2016

En opinión del autor de la tesis, la aproximación de Duany proporciona un marco de acción interesante aunque relativamente tradicional en cuanto a sus métodos y herramientas de trabajo. Sería interesante plantear una integración más fluida de las herramientas digitales de diseño/análisis/simulación a fin de obtener modelos de trabajo más dinámicos y operativos, modelos que podrían parecerse a los “Relational Urban Models” descritos en el apartado 8.6.

8.3 ESTRATEGIAS FENOMENOLÓGICAS – ESTRATEGIAS TECTÓNICO-AMBIENTALES

Dos vías de investigación compatibles pero poco conectadas

Nos encontramos ante dos vías de trabajo que pueden ser compatibles y complementarias entre sí, aunque el diálogo entre ellas tiende a ser escaso debido a la distancia que separa a las aproximaciones humanistas de las investigaciones centradas en la técnica.

Un reflejo de ello es el hecho de que autores como Michael Hensel reivindicuen la necesidad de una de arquitectura “no-antropocéntrica” (Hensel, 2010), una arquitectura que no gire entorno a la figura del ser humano sino que lo integre como un componente más dentro del proceso de diseño, equiparándolo en importancia al resto de factores. Este enfoque sin duda ayudará a otorgar un mayor peso a los aspectos tectónicos y ambientales dentro del diseño, algo siempre deseable, aunque en la mayoría de los casos terminará legitimando aproximaciones basadas casi exclusivamente en estos aspectos. Para los autores de la vertiente tectónico-ambiental, el diseño arquitectónico depende en gran parte del cumplimiento de parámetros y estándares claramente medibles y observables científicamente, parámetros volcados hacia los aspectos materiales y energéticos de los edificios, pero que sin embargo tienden a obviar los factores semánticos y fenomenológicos de la arquitectura, al considerarlos subjetivos y arbitrarios.

Para Alexander y sus colaboradores, esta propuesta refleja una visión excesivamente limitada de la ciencia y del propio fenómeno arquitectónico, pudiendo considerarse casi como una aproximación de carácter mecanicista. En el libro “*The Nature of Order*”, Alexander critica esta postura utilizando como ejemplo a R.B.Fuller y sus cúpulas geodésicas: “*R.B.Fuller emphasized the idea of least-weight structures. It didn’t matter to him that a geodesic dome is difficult to use, perhaps not so pleasant to look at, almost impossible to subdivide internally; what mattered was his chosen goal of making buildings which span the longest distance for the least possible weight*” (Alexander, 2002; 19). Esta misma crítica podría ser aplicable a muchos de los ejemplos estudiados en el capítulo 7, lo cual da cuenta de su limitación y su interés por aspectos arquitectónicos sumamente concretos.

En definitiva, lo que hace falta es desarrollar una aproximación verdaderamente ecológica y holística, que considere tanto los factores humanos/fenomenológicos como los aspectos tectónico-ambientales y los integre dentro de un proceso de diseño multicriterio.

La Morfogénesis Natural y su traslación al campo del Diseño Arquitectónico

En lo que respecta al campo de la geometría y la génesis formal, cabe señalar que ambas vertientes recurren a la naturaleza como fuente de inspiración, profundizando en el estudio de sus procesos morfogenéticos. Esto se traducirá en la búsqueda de diseños evolutivos y capaces de adaptarse a las singularidades de cada contexto, una búsqueda común que sin embargo tenderá a plasmarse en diferentes estrategias y métodos de diseño.

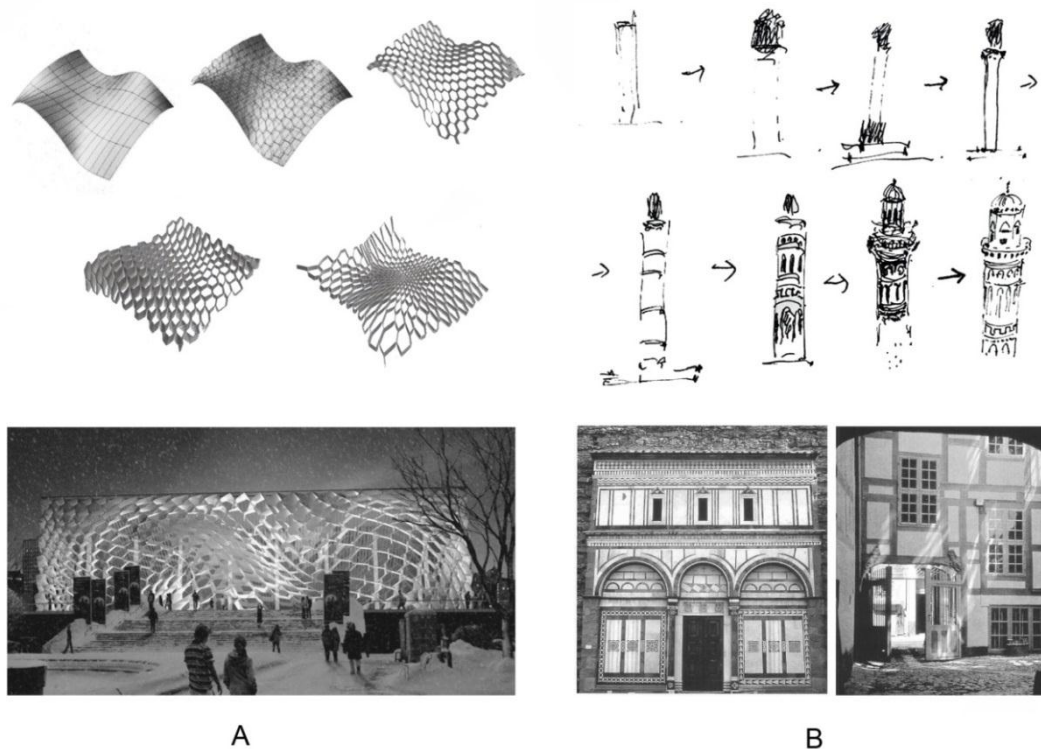


Figura 8.4_ A) Diseño de superficie adaptativa usando herramientas paramétricas. Aplicación a un diseño arquitectónico por parte de la oficina SDA. Fuentes: Hensel, Menges & Weinstock, 2010 / www.synthesis-dna.com.

B) Ejemplo de diseño generativo “paso a paso”, explicado por C. Alexander, e imágenes de referencia extraídas del libro “*The Nature of Order*”. Fuente: Alexander, 2002, 2006

Por una parte tendremos a los autores de la vertiente tectónico-ambiental, los cuales recurren a las herramientas digitales para llevar a cabo este proceso, utilizando tanto herramientas paramétricas (EmTech) como generativas (Kokkugia). La mayoría de los experimentos desarrollados por estos autores se basan en la elección de un determinado sistema formal/constructivo, explorando su capacidad para diferenciarse y adaptarse ante diferentes contextos y requerimientos de proyecto. Esto suele derivar en estructuras con gradientes y transformaciones graduales, estructuras con componentes que varían su forma, posición, etc. dando lugar a patrones emergentes. (Figura 8.4_A).

Los protagonistas de la vertiente fenomenológica, por el contrario, tenderán a confiar más en los métodos tradicionales, guiándose por la intuición así como por las leyes y principios deducidos de sus propias observaciones y reflexiones teóricas. Esto derivará en la aplicación de las “15 propiedades de la totalidad”, así como las “leyes del Orden Estructural” de Salingaros, dando lugar a diseños que evolucionan y se adaptan al contexto mediante la incorporación progresiva de nuevos elementos y sistemas compositivos/constructivos. (Figura 8.4_B).

Tal y como puede comprobarse en las ilustraciones adjuntas, los diseños obtenidos a través del primer método tienden a poseer un número de escalas bastante más reducido que los diseños basados en los principios de Alexander y Salingaros, los cuales manifiestan un carácter más diverso y fractal. En opinión del autor de la tesis, muchos de los diseños paramétricos fallan a la hora de aplicarlos en edificios y obras de cierto tamaño, debido precisamente a esta falta de diversidad jerárquica y escalar, haciendo que se perciban como esculturas extrañas y poco conectadas con la percepción humana. Tal y como indica Alexander en NOO, para que las actuales técnicas de simulación sean capaces de generar estructuras más similares a las de la naturaleza, será necesario incorporar leyes adicionales en su programación (Alexander, 2005; 45-48), leyes que velen por el surgimiento de diferentes sistemas y jerarquías a medida que aumenta el tamaño del proyecto, logrando así una mayor coherencia tanto perceptiva como estructural.

El método planteado por Alexander y Salingaros evidentemente cumple mejor con este criterio, aunque en muchas ocasiones puede conducir a diseños excesivamente rígidos y sobrecargados. Asimismo, la aplicación de este método no garantiza la obtención de formas estructural o energéticamente coherentes/eficientes, siendo necesario incorporar criterios o sistemas de generación/evaluación complementarios.

En definitiva, parece razonable pensar en una vía de trabajo intermedia, una vía de trabajo que combine la diversidad formal y escalar de Alexander/Salingaros con las simulaciones y métodos propios de la vertiente tectónico-ambiental. Esto serviría para acercar ambas posturas, proporcionando un mayor rigor y eficiencia técnica al discurso de Salingaros y Alexander, así como una mayor calidad perceptiva y sensorial a las estructuras propias de los experimentos tectónico-ambientales. Para ello podría pensarse en algún tipo de programación paramétrica que controle la emergencia de diferentes escalas y jerarquías, y que se combine con diferentes módulos o algoritmos generativos/evaluativos que ayuden a completar el diseño de manera coherente y eficaz.

Esto dará lugar a diseños más ricos y diversos, diseños que obligarán a combinar y complementar entre sí diferentes sistemas y jerarquías constructivas, dando lugar así a una aproximación más realista y completa del diseño arquitectónico. La idea no es cohibir la libertad experimental, sino canalizarla hacia búsquedas igualmente novedosas que profundicen un poco más en los aspectos relacionados con

la fractalidad y la multiescalaridad, aspectos centrales en el desarrollo de estructuras más coherentes desde el punto de vista tanto fenomenológico como tectónico-ambiental.

Las potencialidades de las Herramientas de Producción Digital

Aunque Alexander sea partidario de los procesos de diseño y fabricación analógicos y/o artesanales, en el libro NOO manifestará su interés por las nuevas herramientas de fabricación digital, destacando su capacidad para superar la estandarización fordista y posibilitar así el desarrollo de diseños más adaptables y sensibles a las leyes de la naturaleza y la percepción (Alexander, 2002; 209,215...). Algo similar ocurrirá con Salingaros, el cual otorga un gran protagonismo a las escalas y las texturas de los materiales, algo que se puede trabajar de una nueva manera gracias a este tipo de tecnologías. Algunos de los ejemplos más representativos a este respecto procederán de la vertiente tectónico-ambiental, con experimentos como los desarrollados por la arquitecta Neri Oxman, cuyos diseños combinan diferentes tipos de materiales y texturas dentro de la misma estructura impresa, como en el caso de la silla “Beast”, cuya distribución de materiales obedece a criterios tanto estructurales como sensoriales. En todo caso, este es simplemente un ejemplo puntual de lo que puede llegar a lograrse a través de este nuevo paradigma de fabricación, un paradigma que ayudará a redescubrir y redefinir la dimensión física y fenomenológica de los materiales.



Figura 8.5_“Beast”, prototipo para una “chaise lounge”, 2008. Este diseño de Neri Oxman, construido mediante impresión 3d, combina 5 materiales diferentes. Las zonas que reciben una mayor presión/contacto por parte del usuario se construyen con una silicona flexible, a fin de hacer más agradable la experiencia. Fuente: Oxman, 2010; 243.

8.4 ESTRATEGIAS SEMÁNTICAS – ESTRATEGIAS SOCIALES

Dos universos conectados implícitamente

Sociedad y comunicación son dos términos íntimamente relacionados, tal y como hemos podido comprobar a través de la teoría de Niklas Luhmann, explicada en el capítulo 2. No en vano, esta teoría es la que inspira el Parametricismo de Schumacher, dando lugar a una de las vías de trabajo más comprometidas con la integración de los aspectos semánticos y sociales. El vínculo entre estas dos dimensiones de la realidad, sin embargo, no será fácil de definir, existiendo diferentes aproximaciones y propuestas al respecto. En el presente apartado analizaremos cómo conciben esta relación los autores de ambas vertientes, y cómo puede llegar a incorporarse dentro del campo del diseño arquitectónico y urbano.

La Heterópolis y las Leyes Socio-espaciales de la Ciudad

En el libro *“The New Paradigm in Architecture”*, Charles Jencks afirma que incluso las ciudades más variadas y heterogéneas del globo responden a ciertos patrones de orden y organización, haciendo alusión a las teorías de Batty sobre la fractalidad urbana (Jencks, 2002; 204-205). De este modo, Jencks constata la existencia de un vínculo implícito entre ambas realidades, si bien no llega a profundizar sobre el mismo. Nos encontramos pues ante realidades conectadas pero al mismo tiempo lejanas, siendo sumamente difícil relacionar la hiperdiversidad de la heterópolis con la aparente simplicidad de las leyes fractales y socio-espaciales que gobiernan su estructura profunda.

Bill Hillier, por su parte, reforzará esta visión, indicando que *“there are certain very simple, powerful things about space, certain natural laws that govern space. There are also relatively few things we can do with space. We can make things bigger or smaller, longer or shorter, more complex or less, but the fundamental differences in the ways which you organise space are not that great (...) there are more ways of experimenting with architectural form than with space”* (Mehaffy, 2004; 66). Así pues, sobre unas pocas leyes sencillas es posible construir un universo infinito de manifestaciones y comunicaciones arquitectónicas.

En cualquier caso, y aunque la dimensión semántica tiende a quedar excluida de los análisis de sintaxis espacial, Hillier y sus colegas han podido constatar la existencia de un alto grado de correspondencia entre los nodos más interconectados de la trama urbana y los principales hitos (semánticos) de la ciudad. No es posible predecir el carácter o el uso de esos hitos, pero sí que es posible avanzar su ubicación. Así pues, la dimensión semántica queda de algún modo implícita, conectada a estas leyes socio-espaciales. Tal y como indican B. Hillier y J.Hanson,

“syntax and semantics are a continuum, rather than antitetical categories” (Hillier & Hanson, 1984).

La Legibilidad Urbana y el Parametricismo 2.0

Patrik Schumacher irá un poco más lejos en esta investigación, afirmando que para que un entorno arquitectónico y/o urbano sea realmente útil y funcional desde el punto de vista social, no basta con el cumplimiento de determinadas leyes socio-espaciales, tal y como anuncia la sintaxis espacial, sino que además será necesario que estas leyes sean legibles por parte de los usuarios. Los peatones deben ser capaces de captar y entender el orden existente en la trama urbana, y para ello será necesario que las formas arquitectónicas proporcionen una información coherente y legible (Schumacher, 2012; 134).

Este será uno de los objetivos principales del Parametricismo, proponiendo la existencia de correspondencias sistemáticas entre la forma, la significación y los efectos sociales de la arquitectura. En el libro *“The Autopoiesis of Architecture”* estas correlaciones simplemente se esbozan a nivel teórico, mientras que en los últimos textos de Schumacher, presentados bajo la denominación de “parametricismo 2.0”, se propone demostrar estas correlaciones de un modo mucho más riguroso y científico, utilizando simulaciones basadas en agentes vida ⁵. Tal y como indica el propio Schumacher, *“architectural semiology can be operationalized via agent-based crowd modelling (...) The agents’ behaviour might be scripted so as to correlate with the configurational and morphological features of the designed environment, i.e. – programmed agents responding to environmental clues. Such clues or triggers might include furniture configurations, as well as other artefacts. The idea, then, is to build dynamic action-artefact networks”* (Schumacher, 2016). Schumacher imagina así un método sistemático que permita conectar las formas y propiedades del diseño arquitectónico directamente con la cognición y la conducta humanas (representada a través de los agentes), pudiendo simular así todo tipo de fenómenos sociales.

En opinión del autor de la tesis, nos encontramos sin duda ante una vía de investigación interesante y ambiciosa, aunque cuestionable a nivel práctico, dada la dificultad que entraña programar ese tipo de simulaciones. Tal y como veíamos en el capítulo 6, el mero hecho de simular la circulación de los peatones por un edificio implica un alto grado de complejidad, algo que parece sumamente simple comparado con los entornos de simulación imaginados por Schumacher, en los cuales los agentes interactúan con todo tipo de objetos y estímulos formales (muebles, colores, sombras...). Así pues, parece sumamente difícil llegar a simular este tipo de fenómenos de una manera realista y objetiva, opinión que estaría respaldada a su vez

⁵ Schumacher hace referencia al uso de herramientas como “Processing”, “MiArmy”, “Al.implant”, “Massive”, etc. para llevar a cabo este tipo de simulaciones (Schumacher, 2016)

por autores como Sean Hanna (en representación del grupo Space Syntax), partidario de simulaciones basadas en leyes simples y científicamente comprobables (Hanna, entrevista).

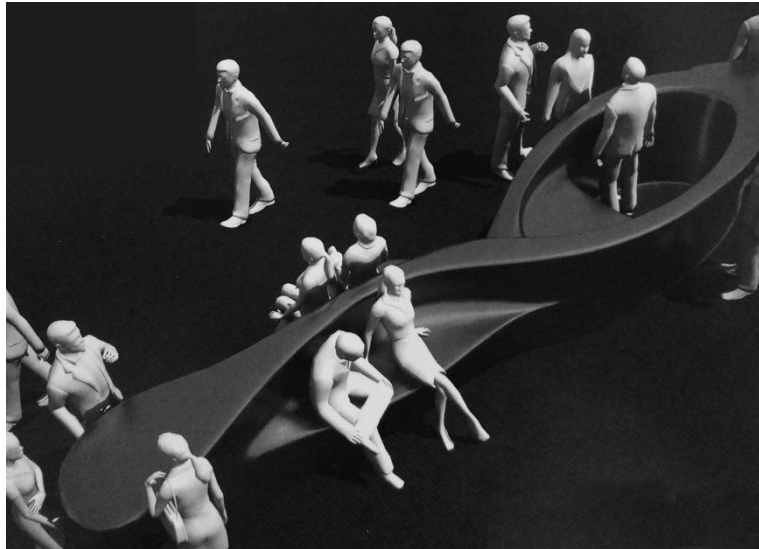


Figura 8.6_Simulación de comportamiento social desarrollada por los alumnos del AADRL.
Fuente: Schumacher, 2016b

Asimismo, estas simulaciones estarían adaptadas a los códigos propios de Parametricismo, siendo útiles solamente para ese tipo de estilo. La realidad urbana, sin embargo, es mucho más diversa; en el trazado urbano real se superponen y conviven diferentes tipos de formas y estilos, aparecen mensajes escritos, textos, formas simbólicas, etc. Bajo esta perspectiva, la propuesta de Schumacher parece excesivamente simplificadora y alejada de la realidad. En cualquier caso, nos encontramos ante una propuesta interesante y ambiciosa que desde luego puede servir como marco para articular discursos más abiertos y plurales que reconozcan la diversidad de formas y significaciones.

Hacia una visión holística de los aspectos semánticos y sociales en el diseño arquitectónico. La propuesta de Manuel Gausa.

La arquitectura y la ciudad son entidades complejamente organizadas, y como tales deben proporcionar orden, legibilidad y también diversidad, sirviendo como soporte para diferentes tipos de informaciones y mensajes. En opinión del autor de la tesis, el parametricismo de Schumacher ofrece una visión demasiado restrictiva, mientras que las metáforas formales de Jencks tienden a tener un carácter excesivamente autónomo y rompedor, distorsionando el orden y la legibilidad de los espacios arquitectónicos y urbanos. Para lograr una ciudad complejamente organizada

tanto en su dimensión semántica como social, será necesario situarse en algún punto intermedio entre ambas propuestas.

Para dar una idea de lo que podría ser este tipo de arquitectura merecerá la pena citar al arquitecto catalán Manuel Gausa y su libro *“OPEN: espacio, tiempo, información”*, en el cual se exponen algunos conceptos clave que podrían ayudar a construir este tipo de ciudad híbrida. La clave de la propuesta de Gausa consiste en adaptar y conectar todos los aspectos sociales, semánticos y formales a las características y dinámicas propias de cada contexto, generando diseños altamente integrados que son al mismo tiempo operativos y representativos. Tal y como indica el propio Gausa, la idea es crear *“dispositivos-ícono” que no se impondrían, como los viejos “íconos-monumentos” sino que, como nuevos “íconos-interfaces”, se dispondrían infiltrados –insertados o injertados- en una relación de resintonía entre lugar y metalugar”* (Gausa, 2010; 450).

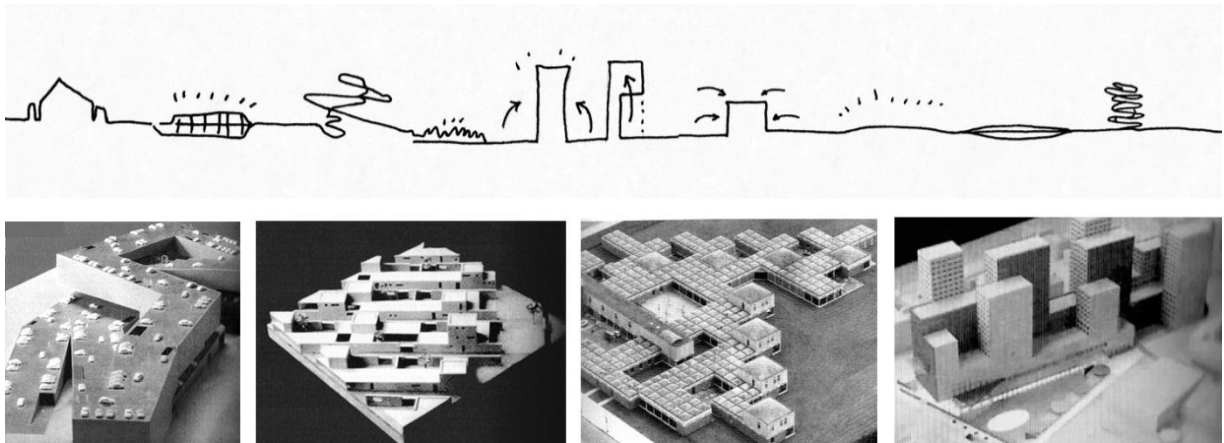


Figura 8.7_Arriba: Esquema realizado por OMA/Rem Koolhaas y recogido por Gausa en su libro OPEN. Según Gausa, este esquema recoge las “diferentes estrategias dispositivas de intervención urbana como topologías iconográficas de la metápolis”. Abajo: diferentes tipos de disposiciones o sistemas formales presentados por Gausa. Fuente: Gausa, 2010

A diferencia de Jencks, que utiliza los conceptos de la complejidad de manera arbitraria, Gausa investiga cuál de estos conceptos conecta mejor con las características del entorno, y en base a ello plantea sistemas formales⁶ que sean icónicos y al mismo tiempo adaptables, a fin de que se ajusten a las necesidades y singularidades de cada contexto. Tal y como indica Gausa, la idea es que estos “dispositivos-ícono” estén conectados a las dinámicas sociales propias del lugar y las potencien a través de recursos semánticos y socio-espaciales.

⁶ Dentro de los sistemas formales propuestos por Gausa destacan categorías como: recrecimientos (brotes, maclas), mallas (entramados, nodos, pliegues), topografías (suelos, enclaves), etc. (Gausa, 2010)

8.5 ESTRATEGIAS SEMÁNTICAS – ESTRATEGIAS TECTÓNICO- AMBIENTALES

La aproximación de dos posturas distantes: superando los límites entre “representatividad” y “performatividad”

Nos encontramos ante dos posturas perfectamente compatibles pero todavía distantes debido en gran parte a la ruptura que supuso la época del Movimiento Postmoderno, responsable de una disociación radical entre las dimensiones representativa y tectónica que hasta el día de hoy todavía no se logra restituir totalmente. La influencia de este pasado ha tendido a generar una confrontación entre ambas vertientes, una confrontación simplista y basada en clichés que atenta contra la comprensión del diseño arquitectónico desde una perspectiva sistémica. A continuación veremos cómo afectan estos clichés a las propuestas de ambas vertientes y cómo se consiguen superar través de visiones más integradas y holísticas:

La “radicalidad” de las estrategias tectónico-ambientales y su conflicto con la significación arquitectónica

En el ámbito de las estrategias tectónico-ambientales existen numerosas vías de investigación especializadas que tienden a centrarse exclusivamente en los materiales/energéticos/ambientales, obviando en gran medida la dimensión semántica de sus propuestas. En la mayoría de los casos la apariencia más o menos estética y/o expresiva de los prototipos obtenidos tiende a considerarse como un fenómeno colateral, un efecto que nace de la búsqueda de nuevas lógicas materiales, y no de intenciones discursivas. Esto no implica necesariamente el abandono de las consideraciones de carácter estético, pero sí llevará a plantearlas desde un nuevo punto de vista; tal y como plantean A.Menges y M.Hensel, “*Can such an alternative approach (morpho-ecological approach) evolve and carry its own beauty and aesthetic without devolving into superficial metaphors?*” (Hensel & Menges, 2008; 7).

Cabe señalar que esta actitud no es representativa de todos los autores citados en la vertiente tectónico-ambiental, aunque sí que está presente en gran parte de los protagonistas tratados, como Kokkugia o el grupo EmTech. Michael Hensel, por ejemplo, tratará de ofrecer una manera alternativa de entender la significación arquitectónica en el artículo titulado “*Performance-Oriented Architecture (...)*” (Hensel, 2010). La propuesta de Hensel, curiosamente, consistirá en vaciar la arquitectura de todo tipo de ornamento y referente semántico, afirmando que esta ausencia (a la que se refiere utilizando el concepto de “blankness”⁷) permitirá al espectador hacer una

⁷ El concepto de “blankness” fue introducido inicialmente por el pensador brasileño Roberto Mangabeira Unger, e incorporado al ámbito de la arquitectura a través de Jeff Kipnis, en el texto “Towards a new Architecture”, AD Profile102: Folidng in Architecture, pp41-49.

interpretación más libre y creativa del entorno arquitectónico. Según Hensel, esta estrategia puede llegar a proporcionar una mayor diversidad y complejidad semántica, ya que la significación arquitectónica no se ve comprometida por mensajes unívocos. De esta manera, Hensel plantea una respuesta a la significación arquitectónica manteniendo un alto grado de libertad para resolver formalmente los aspectos relativos a la tectónica al comportamiento medioambiental del edificio.

El planteamiento de Hensel resulta respetable, aunque sin duda se trata de un enfoque relativamente forzado y hasta cierto punto ingenuo en lo que respecta a la significación arquitectónica. Tal y como indica Schumacher, cualquier programa arquitectónico dotado de una mínima complejidad funcional y espacial requerirá de una articulación arquitectónica considerable, es decir, que para que funcione adecuadamente, será necesario proporcionar al usuario importantes dosis de información y legibilidad, cosa que parece complicado lograr a partir de la simple utilización de sistemas constructivos puros y despojados de elementos significantes, por muy flexibles y adaptables que estos sean. (Schumacher, 2012; 21). La arquitectura sin duda debe ser coherente con respecto a los sistemas constructivos y materiales, pero éstos no pueden convertirse en su único mensaje; la arquitectura debe ser capaz de transmitir significados más amplios (Schumacher, 2012; 20).

En cualquier caso hay que entender que la mayoría de los prototipos desarrollados por los autores de la vertiente tectónico ambiental son de carácter experimental, y que su aplicación en diseños arquitectónicos tiende a requerir una actitud más abierta y sensible hacia los aspectos estéticos y semánticos.

La “semantización” de los experimentos tectónico-ambientales

Las ideas y posicionamientos vistos en el apartado anterior tendrán su contrapunto en el discurso de Charles Jencks, el cual tiende a “semantizar” los experimentos tectónicos, es decir, a interpretar cualquier innovación material o constructiva como un intento comunicativo. Así, Jencks cuestiona el impacto real de las arquitecturas “sustentables”, presentándolas como un ejercicio expresivo más que como una verdadera mejora a nivel ambiental. Tal y como indica el propio Jencks, *“buildings may cause something like 30 per cent of the warming problem, but architects control only five per cent of the world’s construction and, as mentioned, they are relatively powerless. There is thus a mismatch between positive intentions and actual impotency, which results in a good deal of posturing”* (Jencks, 2012). Lo mismo sucederá con las arquitecturas “estructuralmente optimizadas”, cuyas formas finales serán interpretadas como un nuevo tipo de ornamento, como una solución de carácter expresivo más que como un verdadero ahorro material o económico. Jencks cita así el caso del pabellón “Water Cube”, ícono de las Olimpiadas de Beijing, cuya configuración a base de “burbujas” refleja una de las maneras más eficientes de rellenar el espacio físico, aunque también una de las mayores inversiones de ese período: *“the cost of actually constructing this complex space frame of nodes and tubes proves my*

iconological point. It was the underlying motive that drove the expensive solution, the search for the perfect cellular ornament” (Jencks, 2012; 144).



Figura 8.8_Imagen del pabellón “Water Cube”, que sirvió para albergar las piscinas en las Olimpiadas de Beijing del año 2008. Diseñado conjuntamente por CSCEC + PTW + CCDI y ARUP. Fuente: http://www.ptw.com.au/ptw_project/watercube-national-swimming-centre/

La vertiente semántica y la búsqueda de un mayor rigor técnico

Tal y como acabamos de ver, Jencks antepone el factor semántico al tectónico, aunque lo hace de una manera armónica, sin contraponer ambos factores entre sí. Según Jencks, gracias al desarrollo de las herramientas digitales y las nuevas técnicas de producción no-estándar, ha emergido un nuevo contexto en el que la capacidad comunicativa y las lógicas materiales pueden ir de la mano. Las formas complejas derivadas de los experimentos morfogénéticos pueden ser al mismo tiempo más eficientes y expresivas que las formas de la construcción tradicional, siempre y cuando se aborden con rigor, y no de una manera lúdica o formalista.

Este será precisamente uno de los retos del “Parametricismo 2.0” de P.Schumacher: dotar a las formas paramétricas de rigor y coherencia a nivel técnico. Tal y como indica el propio Schumacher, *“in my design work I am now more and more trying to move away from the free-form play with complex curvature towards the disciplining use of structural form-finding algorithms”* (Schumacher, 2014). La aparente arbitrariedad de los diseños siempre ha sido uno de los aspectos más criticados de la obra de Hadid y Schumacher, y es por ello que en este último tiempo han tratado de vincular su obra con las exploraciones de ingenieros y arquitectos como Philippe Block (director del “Block Research Group”, EHT Zurich), Achim Menges (ICD, Universidad de Stuttgart) o Robert Stuart-Smith (AADRL)⁸, estos últimos estudiados en el apartado correspondiente a las estrategias materiales. Evidentemente Schumacher prestará especial atención a aquellas tipologías compatibles con las heurísticas del parametricismo, es decir, con la fluidez y continuidad formal, apostando así por

⁸ Estos tres autores, P. Block, A. Menges y R. Stuart-Smith, participan como autores invitados en la edición de la revista AD titulada “Parametricism 2.0”, cuyo editor es Patrik Schumacher.

investigaciones entorno a las cáscaras estructurales, las estructuras abovedadas, etc. Para Schumacher es vital que se siga trabajando en este ámbito, ya que cuantos más recursos técnicos existan, mayor será la capacidad del arquitecto para materializar sus ideas de manera eficaz y coherente. En definitiva, nos encontramos ante una postura integradora aunque siempre guiada por la importancia de la comunicación:

“Performance via Representation” (Schumacher, 2014).

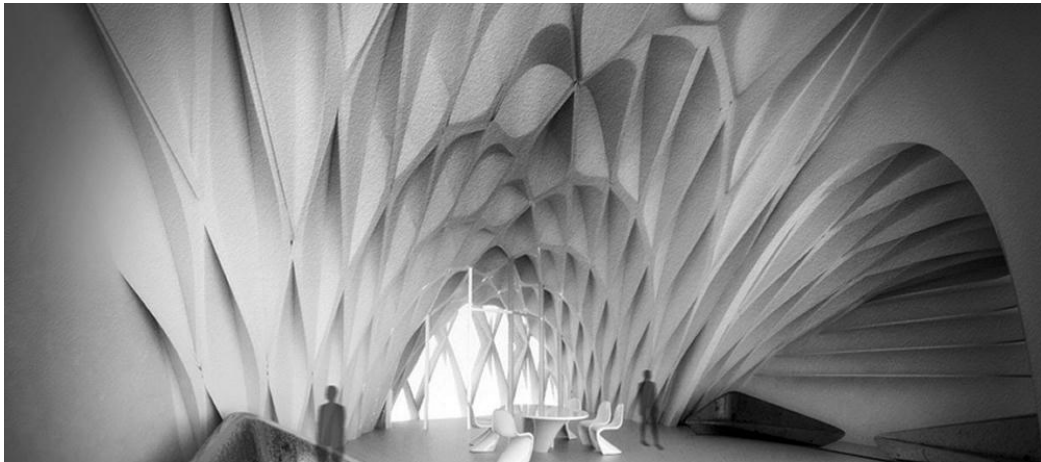


Figura 8.9_Field of concrete shells interior views, 2012, by Zaha Hadid Architects.

Fuente: Schumacher, 2014

Hacia una visión integrada de las estrategias semánticas y las estrategias tectónico- ambientales

Algunas de las reflexiones más sugerentes en lo que respecta a la simbiosis entre los aspectos semánticos y tectónicos provienen del arquitecto Alberto Estévez, en cuyos textos se pone en valor el trabajo de autores como Antoni Gaudí o Santiago Calatrava, cuyas obras constituyen un claro compromiso entre el rigor técnico y la expresividad semántica (Estévez, 2015). Esto vendrá acompañado por algunos “trabajos manifiesto”, como por ejemplo el “Genetic Barcelona Pavilion” (2007), así como proyectos de carácter experimental como el “Barcelona Skyscraper” (2008-2009) o la “Antena de telecomunicaciones fractal” (2013-14), entre otros.

Otro de los equipos más representativos en este aspecto será el estudio madrileño Cervera & Pioz, conocido por aplicar los principios de la biónica al ámbito del diseño arquitectónico. La biónica consiste en imitar principios y mecanismos presentes en la naturaleza para resolver problemas prácticos, tanto en el ámbito de la ingeniería como en el del diseño. La adopción de soluciones biónicas garantizará así la resolución de problemas técnicos de manera coherente y eficaz, fomentando al mismo tiempo la aparición de analogías naturales y biológicas. La introducción de las soluciones biónicas puede producirse de dos maneras: como solución a problemas técnicos, y como consecuencia de necesidades expresivas. En C&P los proyectos

pueden partir desde cualquiera de los dos enfoques, según la naturaleza del encargo, llegando siempre a un resultado final en el que ambos factores se integran de manera armónica y productiva. En las imágenes adjuntas se puede ver el proyecto de la “Torre Biónica”, un proyecto semi-utópico que contempla la construcción de una ciudad vertical y cuyo planteamiento servirá como campo de pruebas para ensayar soluciones innovadoras en el campo de la biónica, soluciones que se irán superponiendo y complementando entre sí para dar lugar a una obra cada vez más eficiente en términos tectónico- ambientales, y también más sugerente y expresiva en términos artísticos y comunicativos.

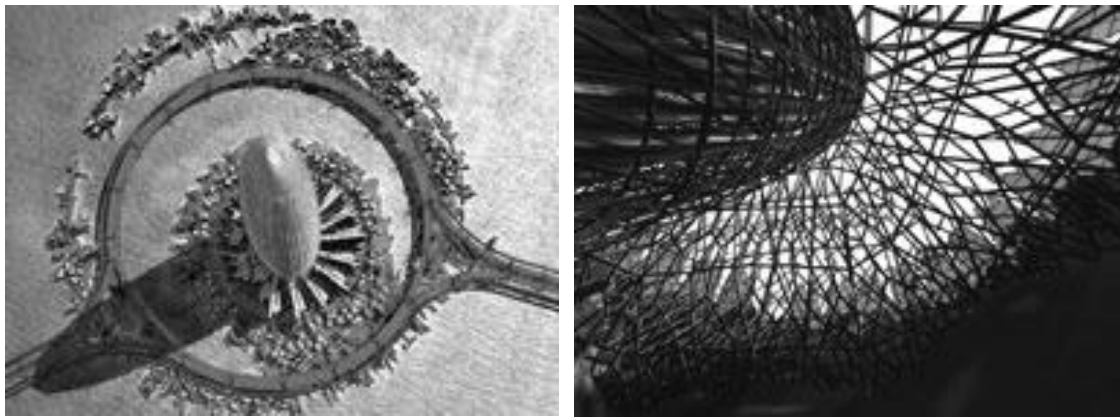


Figura 8.10_Imágenes del proyecto “Torre Biónica”. Fuente: www.cerveraandpioz.com

Dentro de una línea similar podremos destacar también a la oficina norteamericana Aranda & Lasch, igualmente comprometidos con el estudio de las leyes y fenómenos naturales como base para el desarrollo de diseños arquitectónicos. Tal y como queda reflejado en el libro “Tooling” (Aranda & Lasch, 2005), Aranda & Lasch estudiarán los patrones de la naturaleza (*spiraling, packing, weaving, blending, cracking, etc.*) sintetizando sus principales características formales a través de esquemas paramétricos que servirán como genotipos para el posterior desarrollo de soluciones adaptadas entornos y contextos específicos. Dichos esquemas paramétricos se convertirán así el punto de partida para la el desarrollo de nuevas soluciones constructivas/materiales, así como para nuevas maneras de expresión y figuración arquitectónica. Las propuestas resultantes serán, nuevamente, una combinación equilibrada de ambos factores.

Tal y como se puede comprobar, existen múltiples maneras de combinar los recursos semánticos y tectónico-ambientales para dar lugar a soluciones más eficientes tanto a nivel comunicativo como estructural, energético y ambiental. Los recursos procedentes de ambas vías de trabajo pueden ser complementarios entre sí, siempre y cuando se traten de manera rigurosa y consciente.

8.6 ESTRATEGIAS SOCIALES – ESTRATEGIAS TECTÓNICO- AMBIENTALES

Los aspectos materiales y sociales como parte de una lógica común

En la actualidad hablar de sostenibilidad urbana implica la consideración de factores tanto humanos y sociales como tectónico-ambientales, entendiéndolos como parte de un continuo. Nos encontramos así ante una conexión que se evidencia tanto en términos científicos como filosóficos, tal y como puede comprobarse en los textos de Manuel De Landa, analizados en el capítulo 2. Así, en el libro “*A Thousand Years of Nonlinear History*”, De Landa propone una visión unificada que explica el desarrollo de las entidades geológicas, biológicas, sociales y urbanas a partir de una misma lógica común. A lo largo del presente apartado veremos cómo se refleja este pensamiento en las propuestas de ambas vertientes, así como las puntualizaciones necesarias para convertirlas en recursos realmente útiles para el diseño y la planificación de los entornos arquitectónicos y urbanos.

De los Experimentos Materiales al Diseño Urbano

Uno de los equipos que mejor refleja la filosofía de De Landa es sin duda el grupo Kokkugia, cuyos trabajos experimentales contemplan el uso de agentes vida tanto para generar tanto estructuras materiales (swarm matter) como para simular fenómenos de carácter urbano (swarm urbanism). En este último caso, los agentes no solo se utilizan para reflejar procesos sociales, como la haría Batty, sino que se mezclan e interactúan con entidades/agentes “materiales”, dando lugar a una simulación de carácter mixto.

Esta misma filosofía será la que impulse a los integrantes del EmTech a ampliar la escala de sus experimentos, pasando de los prototipos materiales a las especulaciones a escala urbana. Cabe señalar que en este último caso no sólo se produce un cambio de escala, sino que además se introducen nuevas herramientas como la sintaxis espacial, a fin de poder incluir los factores sociales como criterio adicional en el desarrollo de los diferentes procesos morfogenéticos. De este modo se evidencia una vez más el diálogo existente entre ambas vertientes, reflejando la existencia de un importante campo de acción común.

Las Estrategias Sociales y la Sostenibilidad Urbana

Los autores de la vertiente social, por su parte, también se adentrarán en el campo de la sostenibilidad y la eficiencia energética y ambiental, algo que queda reflejado en artículos como “*Spatial Sustainability in Cities*” de B.Hillier (Hillier, 2009), en el cual se explican principios configuracionales clave (como el principio de “pervasive centrality”) para entender y diseñar tejidos urbanos sostenibles desde el punto de vista social y energético-ambiental. Evidentemente la actividad humana es uno de los fenómenos que más directamente afecta a al rendimiento y la ecología de las ciudades, y por lo tanto cualquier herramienta que sirva para predecir y cuantificar estos fenómenos será útil para evaluar su sostenibilidad. Esto hace que tanto las aproximaciones del Space Syntax Group como las de CASA y el resto de centros de investigación vinculados se conviertan en un aporte fundamental para el desarrollo de estrategias de diseño y planificación más efectivas desde el punto de vista medioambiental.

Los análisis y simulaciones desarrollados por los autores de esta vertiente pueden servir para generar diagnósticos y criterios de diseño urbano, así como predicciones más o menos realistas sobre datos concretos relacionados con los aspectos medioambientales de la ciudad. En la imagen adjunta, por ejemplo, se recoge un protocolo diseñado para calcular las emisiones debidas al tráfico rodado, utilizando para ello mapas axiales y métodos de análisis basados en la sintaxis espacial.

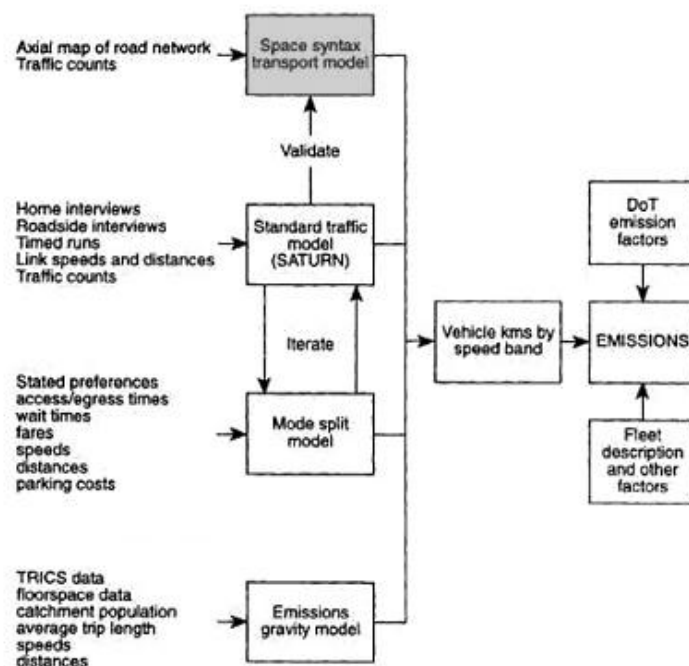


Figura 8.11_Metodología para modelar y calcular las emisiones debidas al tráfico rodado a través del uso de herramientas de sintaxis espacial. Fuente: Jones et al., 2003

Diferencias entre el Diseño Material y el Diseño Urbano

El hecho de que las lógicas materiales y las lógicas sociales obedezcan a principios y leyes comunes no quiere decir que diseñar un objeto sea lo mismo que diseñar una ciudad. De hecho existen importantes diferencias entre ambos procesos, diferencias que invitarán a cuestionar y/o reinterpretar algunas de las aproximaciones vistas en el apartado anterior.

Tal y como veíamos en el capítulo 6, autores como Portugali, Bettencourt, Hillier, etc. subrayan la necesidad de considerar la ciudades como entidades singulares, entidades dotadas de sus propias leyes y mecanismos, distanciándolas así de las típicas analogías naturales y biológicas. Esta idea quedará perfectamente reflejada en los textos del urbanista británico Stephen Marshall, el cual afirma que *“conventionally city planning has often tended to regard a city as a corporate whole, as if it were a designable object, as if it were a large, complicated building. Even when the organic qualities of cities have been recognised, city planners have often tended to interpret the city as if it were an organism, implying a rather definite kind of programme of development to reach an overall knowable optimal form. However, the argument here is that a city is better regarded as a collective entity”* (Marshall, 2009). Tal y como indica Marshall, esto quiere decir que la ciudad no puede diseñarse como un objeto, no puede imponerse una forma ideal predefinida, sino que deberá plantearse un proceso de diseño más abierto y evolutivo que responda a las necesidades cambiantes de sus habitantes. Según Marshall, el desarrollo urbano es un proceso con final abierto, y por lo tanto cualquier intento de optimización debe ser cuestionado.

Estas ideas serán apoyadas por autores como Andrés Duany, que en la entrevista realizada para la presente tesis, comenta que *“lo interesante de los sistemas generativos es pensar en el tiempo. Diseñar todos los edificios de una sola vez no es hacer urbanismo. Los planificadores no decidimos el diseño final, decidimos quién decide. Diseñamos un método, un proceso, que posteriormente pasa a manos de los organismos y entidades locales de planificación. Las nuestras son leyes públicas, no procesos ocultos dentro de un computador”* (Duany, entrevista). Con estas afirmaciones Duany pone énfasis en un aspecto clave, el de la inclusión y la transparencia, de modo que cualquier proceso de planificación sea públicamente expuesto y debatido, a fin de convertirlo en un proceso verdaderamente colectivo. Este es uno de los factores ausentes en las propuestas tectónico-ambientales, lo cual hace que estas propuestas sean nuevamente cuestionadas y criticadas.

En opinión del autor de la tesis, esto no quiere decir que los experimentos urbanos de la vertiente tectónico-ambiental deban ser descartados, sino que más bien deben ser interpretados de otra manera, considerándolos como herramientas de apoyo a la toma de decisiones más que como diseños cerrados. Al igual que sucede con las simulaciones sociales-urbanas de Batty, las simulaciones tectónico-ambientales deben entenderse como documentos de apoyo para el debate y la toma de decisiones, a fin de poder construir argumentos y razonamientos más sólidos y

documentados. Por ello es importante que estos ejercicios dejen de ser una “caja negra”, y que expresen sus mecanismos y parámetros de manera clara, transparente y didáctica.

La integración de las simulaciones materiales y sociales y su papel como apoyo a la toma de decisiones a nivel urbano

En definitiva, podríamos pensar en modelos y simulaciones que evalúen conjuntamente los factores sociales y tectónico-ambientales de manera integrada y holística, generando datos e información útil para la toma de decisiones por parte de diferentes actores sociales y agentes de planificación. Este tipo de exploraciones pueden verse plasmadas ya en algunos trabajos tempranos de la oficina MVRDV (Metacity/Datatown, KM3, etc.), los cuales apostaban incluso por la incorporación de estos estudios y simulaciones como parte integral del proceso y los protocolos de planificación. Estas aproximaciones han seguido desarrollándose y evolucionando hasta nuestros días, existiendo numerosas propuestas como por ejemplo los “Modelos de Urbanismo Relacional” (“Relational Urban Models”, RUMs) desarrollados por E.Llabres, E.Rico y sus colaboradores, los cuales han servido para el desarrollo de diferentes procesos de planificación en ciudades como Shenzhen o Sao Paulo, entre otras (Llabres & Rico, 2016). Tal y como puede verse en la imagen adjunta, los RUMs integran aspectos materiales, energéticos, sociales, económicos, etc. dentro de una interfaz dinámica que permite alterar parámetros y explorar las consecuencias derivadas de diferentes alternativas de diseño.

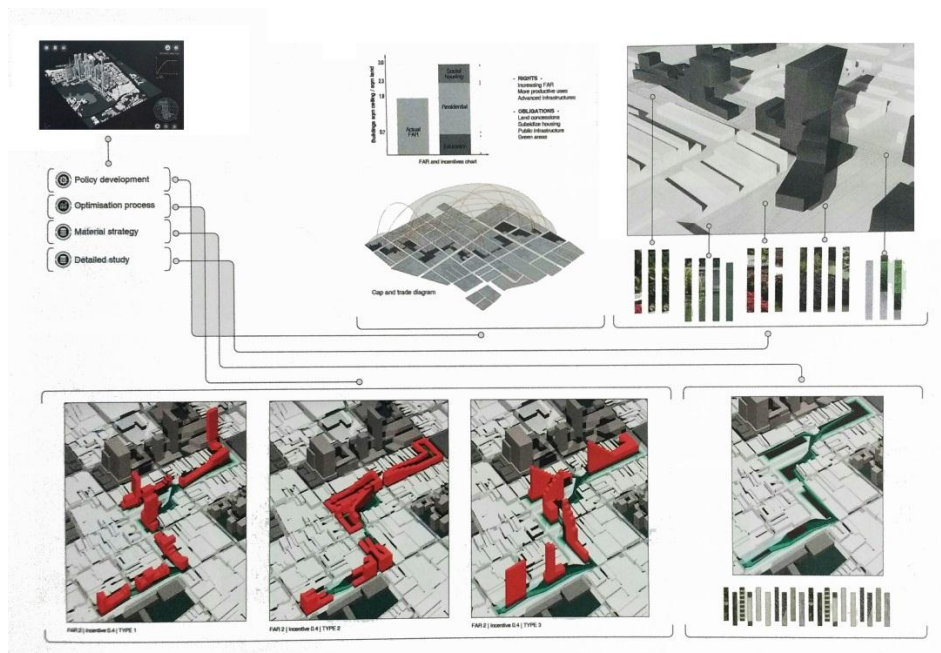


Figura8.12_ Ejemplo del “Relational Urban Model” desarrollado por la oficina “Relational Urbanism”, junto a Arup e Immanuel Koh, para la planificación del distrito de Santos, Sao Paulo, Brasil, 2014.. Fuente: Llabres & Rico, 2016

8.7_ CONCLUSIONES Y LINEAMIENTOS GENERALES EN EL CAMPO DE LA ARQUITECTURA COMPLEJA

En el presente capítulo se han expuesto las principales confluencias y conflictos existentes entre los diferentes discursos de la arquitectura compleja, incorporando y contrastando entre sí juicios y opiniones diversas, procedentes tanto de la bibliografía estudiada como de las entrevistas realizadas para la presente tesis, así como de los razonamientos propios del autor. Esto ha dado lugar a un campo de debate amplio en el cual pueden entrecruzarse algunos principios y lineamientos generales que recogeremos a continuación. Evidentemente no hay verdades absolutas en estas líneas, pero sí percepciones y criterios generales que pueden ayudar a la comprensión y el desarrollo futuro de la arquitectura compleja.

A_Leyes y Patrones de Orden Básicos. Un marco general para el diseño arquitectónico y urbano

En primer lugar se detecta la presencia de conceptos y principios comunes en la mayoría de aproximaciones de carácter científico, referentes a los conceptos de fractalidad/multicentralidad y organización jerárquica (identificables en gran medida con las “Leyes del Orden Estructural” de Salingeros). La presencia de estos principios parece tener efectos positivos sobre diferentes aspectos sociales, fenomenológicos y materiales, pudiendo considerarse como un valor en sí mismo. Además estos conceptos parecen compatibles con muchas de las propuestas vistas en la presente tesis, siempre y cuando se entiendan como una guía para el diseño, y no como una ley estricta. Así, podríamos concebir estas leyes como un marco general, como un patrón de orden que estructure la diversidad propia de los entornos arquitectónicos y urbanos, dando lugar a diseños coherentes con el concepto de Complejidad Organizada

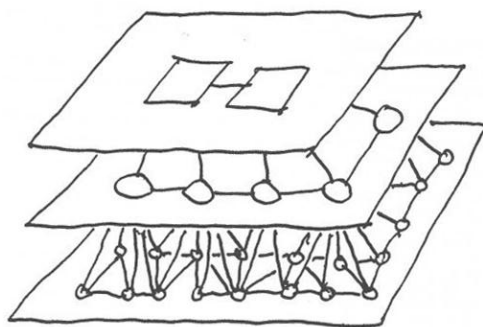


Figura8.13_ Esquema descriptivo de las jerarquías y leyes de escala presentes en los sistemas complejamente organizados. Fuente: SALINGAROS,

B_Adaptabilidad y Singularidad Contextualizada

Otro de los factores clave es la comprensión de los entornos arquitectónicos y urbanos como sistemas adaptativos, es decir, sistemas que se desarrollan en diálogo con su entorno y se adaptan al mismo generando estructuras cada vez más complejas, aunque siempre manteniendo ciertas pautas de orden interno. Tal y como hemos visto en el caso de Gausa, es posible incorporar la expresividad formal y el carácter icónico dentro de esta actitud adaptativa y contextualista, haciendo que los valores prácticos y artísticos se complementen y se integren dentro de una propuesta coherente. La arquitectura compleja adquiere así un compromiso con la integración pero también con la innovación y la experimentación formal, a fin de generar diseños armónicos y a la vez impactantes (en el buen sentido), evocadores, capaces de reinterpretar su contexto de una manera creativa y operativa.

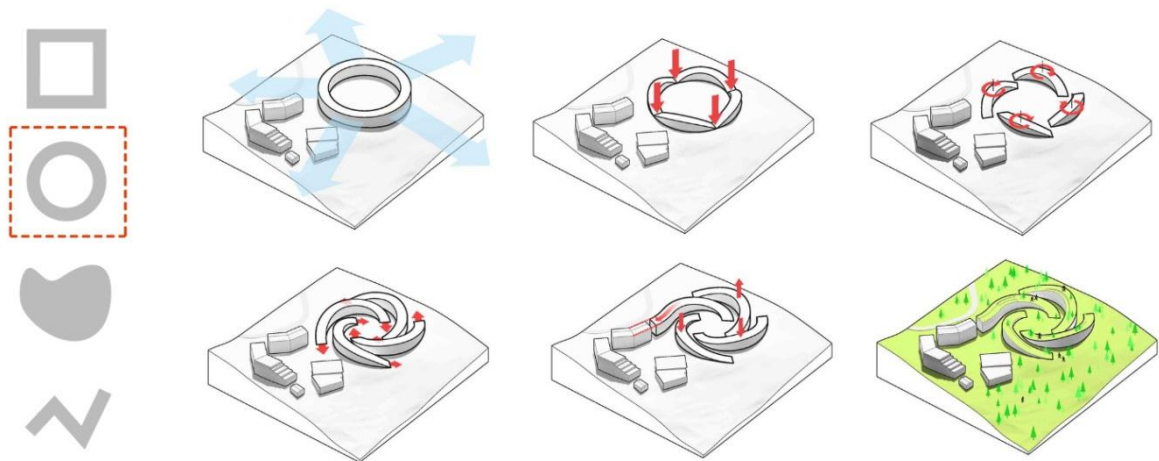


Figura8.14_ Ejemplo de adaptación y contextualización de una tipología edificatoria singular. Esquemas elaborados por BIG para el proyecto “Koutalaki Sky Village” en Finlandia.

Fuente: <http://www.big.dk>

Este proceso adaptativo estará relacionado con la elección de sistemas formales coherentes y adaptados a las características del contexto y del propio programa arquitectónico, y con su manipulación y transformación hasta lograr diseños verdaderamente adaptados a las singularidades de cada entorno. Este proceso, a su vez, ayudará a generar una mayor diversidad de escalas y jerarquías, reforzando así lo comentado en el punto A.

C_Sistematicidad Dialógica

La existencia de leyes y patrones de orden sugiere la necesidad de una cierta sistematicidad en el diseño de las formas arquitectónicas, si bien dicha sistematicidad no debería entenderse como una ley rígida y limitante, sino como un soporte capaz de incorporar y dialogar con hitos y elementos puntuales. Así, el orden y la relacionalidad no deberían entenderse exclusivamente en términos de continuidad y armonía, sino que debería existir espacio también para la sorpresa y los contrastes, para las relaciones dialécticas, siempre y cuando se integren de una manera coherente con el espíritu y el contexto general del diseño. Así pues, no se trata exclusivamente de diseñar transiciones graduales, sino que también deben existir contrastes, elementos y formas complementarias. En definitiva, de lo que se trata es de entender las continuidades y contrastes como parte de un mismo orden global, aplicando lo que Edgar Morín describe como pensamiento “dialógico”.

La arquitectura no debe entenderse solamente como una entidad que se adapta a las singularidades del contexto, sino como un dispositivo capaz de aportar nuevas singularidades, nuevos hitos programáticos y/o formales integrados a través de las diferentes escalas, siempre dentro de esta adaptabilidad dialógica.



Figura 8.15_ Esquemas elaborados por el autor de la tesis a partir de los estudios de Aldo Van Eyck para el Sonsbeek Pavilion. Ejemplo de arquitectura sistemática y al mismo tiempo abierta a la inclusión e integración de singularidades /hitos.

D_Hacia un diseño basado en principios Hologramáticos

A lo largo de la tesis hemos visto diferentes procesos de diseño, tanto del tipo top-down como bottom-up. En la práctica, sin embargo, estas categorías tienden a diluirse: lo importante no es si vamos de arriba hacia abajo o viceversa, sino el hecho de que mantengamos una actitud y una filosofía coherente en las diferentes escalas. Esto se ve claramente reflejado en el caso de las geometrías fractales, donde da lo mismo que planteemos un proceso de descomposición/análisis o de

composición/síntesis; siempre se llega al mismo resultado⁹ debido a la coherencia entre ambos procesos.

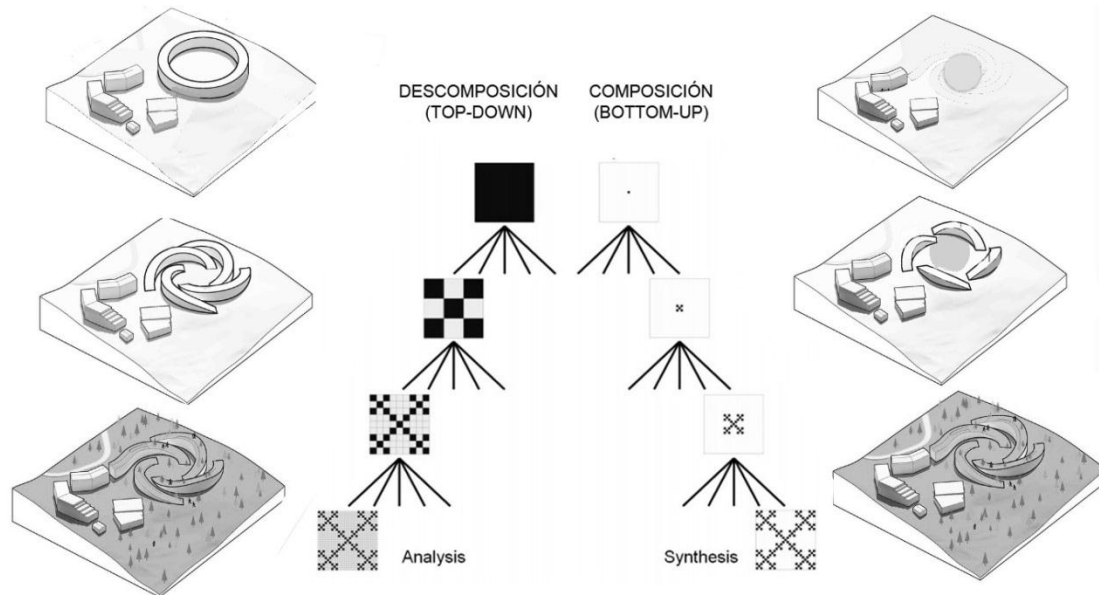


Figura 8.16_ Esquema mostrando el principio de “equifinalidad”, o equivalencia entre procesos de síntesis/ composición/ bottom-up y análisis /descomposición/ top-down. Esquema elaborado por el autor a partir de imágenes extraídas de la web de la oficina BIG (<http://www.big.dk>) y del artículo Batty & Hudson-Smith, 2005

En los proyectos de cierta escala, de hecho, será necesario intervenir en varias escalas simultáneamente, encadenando y compaginando diferentes procesos top-down y bottom-up. Asimismo, tampoco es necesario que el diseñador controle exactamente todo el rango de escalas, sino que puede dejar que algunas de ellas emerjan de manera espontánea, a través del uso de métodos computacionales generativos, procesos de diseño colectivo, etc. Se plantea por lo tanto dejar espacios para la espontaneidad, para el cambio y los mensajes múltiples.

En resumen, la sistematicidad no debe entenderse como control estricto sobre todos los aspectos y escalas del diseño, sino como una actitud coherente a la hora de plantear y combinar entre sí diferentes procesos top-down y bottom-up. Todo esto nos lleva nuevamente a Morín y a sus ideas sobre el principio hologramático, en el cual *“las partes están en el todo y el todo en las partes”*.

⁹ Principio de “Equifinalidad”, explicado en el capítulo 2.

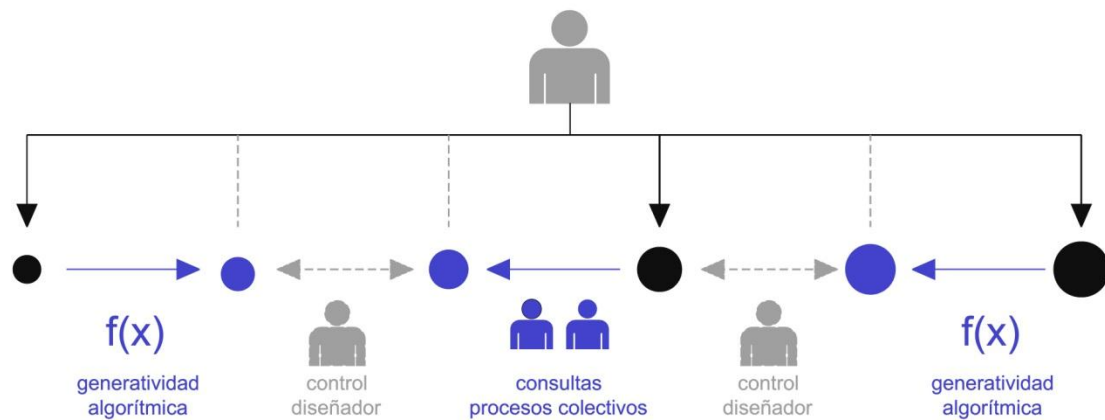


Figura 8.17_ Ejemplo de diseño hologramático, en el que se combina el control general del diseñador con diversos procesos top-down y bottom-up que tienden a completar y generar el rango completo de escalas. Fuente: Jon Arteta

Asimismo, podríamos hablar de una fractalidad no sólo espacial sino también temporal, con procesos que permiten la estructuración y evolución del proyecto a lo largo del tiempo, siguiendo diferentes escalas y jerarquías de control. Esto será especialmente notable en el ámbito urbano, donde, tal y como hemos visto en el apartado 8.6, no pueden plantearse soluciones inmediatas y definitivas, sino pautas y herramientas que ayuden a guiar el proceso de manera paulatina y gradual.

E_Herramientas Combinadas/ Sistemas Multiplataforma

La aplicación práctica de todas estas ideas requerirá de herramientas de diseño versátiles y diversas, herramientas capaces de combinar la sistematicidad y adaptabilidad del software paramétrico con el rigor y el potencial creativo de las herramientas generativas, así como con la libertad propia de las plataformas clásicas de modelado. Esto nos hace pensar en herramientas digitales multiplataforma, capaces de combinar las potencialidades de los diferentes sistemas de diseño de manera integrada y fluida. Así, no se tratará sólo de mejorar la interacción y colaboración hombre-máquina, sino que también se busca una mejor integración entre los diferentes protocolos de generación, evaluación, simulación, etc.

Cabe señalar que este es un proceso ya en marcha¹⁰, aunque los recursos disponibles hasta el momento son todavía aparatosos y difíciles de utilizar en la práctica. En cualquier caso, parece evidente que el futuro de las herramientas digitales irá en este camino, lo cual va a suponer sin duda una ayuda para el desarrollo de la arquitectura compleja.

Comentarios Generales

Tal y como se puede comprobar, los las ideas citadas tienden a complementarse y entremezclarse entre sí, relevando la existencia de una lógica común. Cabe señalar que nos encontramos simplemente ante ideas y lineamientos de carácter general, los cuales estarán evidentemente apoyados y fundados en un universo conceptual, metodológico e instrumental mucho más amplio que se ha ido explicando a lo largo de la tesis.

El objetivo de este apartado no consiste en establecer un método de diseño único y universal, sino un marco general dentro del cual poder desarrollar diferentes estrategias y métodos específicos. El presente apartado refleja simplemente una síntesis general, un enfoque destinado a conectar los diferentes conceptos, métodos y herramientas vistos hasta el momento con un pensamiento más global y complejo, un pensamiento que nos ayude a aunar todos estos experimentos parciales en un paradigma de diseño global. Sólo de esta manera lograremos pasar de la fase de investigación (fragmentada) al desarrollo de un paradigma de diseño realmente operativo y útil para el desarrollo de la vertiente práctica y profesional de la disciplina.

¹⁰ En la actualidad existen maneras de vincular directamente las plataformas BIM con herramientas de diseño paramétrico (Archicad+grasshopper,etc.), las cuales a su vez incorporan plug-ins con algoritmos generativos (galapagos, rabbit, kangaroo, etc.)

CAPÍTULO 9_ CONCLUSIONES

En la presente tesis se han estudiado los fundamentos, teorías y propuestas vinculadas a la “Arquitectura Compleja”, término utilizado para describir todas aquellas vías de trabajo/investigación surgidas de la confluencia entre la arquitectura y las teorías de la complejidad, con la ayuda imprescindible de las herramientas digitales.

Tal y como se ha indicado al comienzo de la tesis, la “arquitectura compleja” constituye un campo fundamental dentro de la investigación arquitectónica contemporánea, aunque a día de hoy todavía carece de una base conceptual claramente formulada, así como de una visión global que permita conocer y relacionar entre sí las diferentes propuestas vinculadas a este ámbito de trabajo. En la presente tesis se ha tratado de compensar estas carencias mediante un estudio detallado y progresivo que va desde el análisis de los principios más básicos hasta el estudio de las propuestas globales que guían el desarrollo de la arquitectura compleja.

De este modo se han descrito las principales características del “paradigma de la complejidad en arquitectura”, un paradigma que lleva desarrollándose desde comienzos de la década de 1960 y que ha proporcionado una serie de conceptos, valores y técnicas que han ayudado a la creación de una nueva cosmovisión y una nueva manera de afrontar los problemas en el ámbito del diseño arquitectónico y urbano. En el presente apartado analizaremos los aportes de este paradigma al desarrollo general de la disciplina, así como sus potencialidades y proyecciones de cara al futuro.

La conexión entre Arquitectura, Ciencia y Herramientas Digitales

Uno de los principales aportes es sin duda la vinculación explícita y operativa entre la arquitectura, las teorías de la complejidad y las herramientas digitales. Estos tres grandes campos han sido introducidos en la primera parte de la tesis, explicando sus principales conceptos y posicionamientos internos, los cuales han servido a su vez como ingredientes para la construcción de los discursos de la arquitectura compleja. De este modo se ha generado una red de vínculos entre las tres disciplinas, tal y como queda reflejado en la figura 9.1.

Como se puede comprobar, los diferentes ingredientes y tendencias tienden a combinarse entre sí de una manera bastante libre, demostrando la versatilidad y la amplitud de posibilidades existentes en este campo de investigación. No existen factores excluyentes ni posicionamientos incompatibles; podemos hablar casi de un continuum con diferentes grados/focos de intensidad dependiendo del tipo de propuesta.

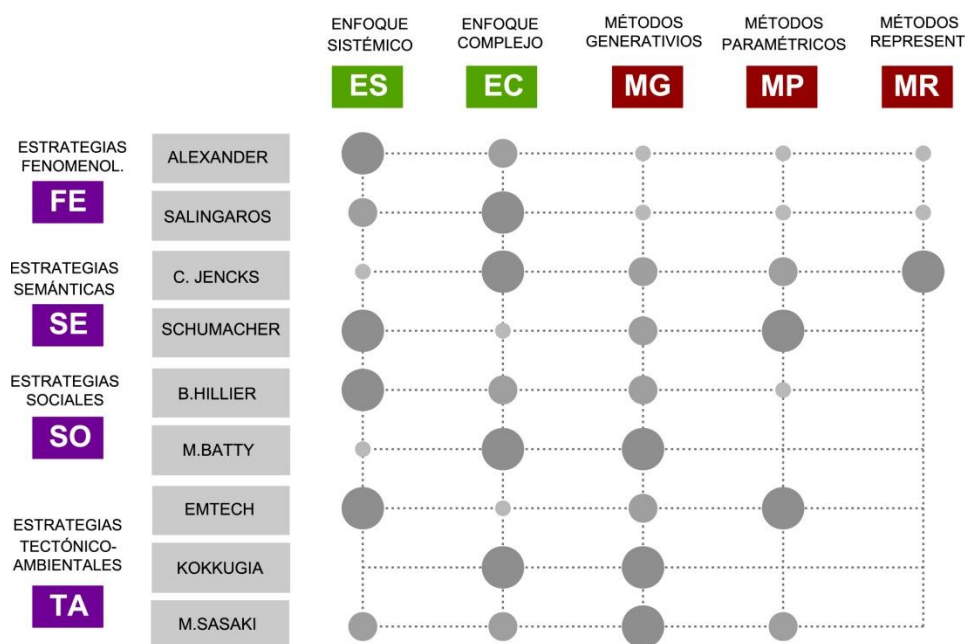


Figura 9.1_ Esquema resumen de las relaciones existentes entre las diferentes propuestas arquitectónicas y los posicionamientos o ingredientes proporcionados por el paradigma de la complejidad y las herramientas digitales. Fuente: Jon Arteta

Así, podemos ver cómo el enfoque sistémico y el enfoque complejo tienden a complementarse, estando repartidos de manera más o menos equitativa a través de las diferentes vertientes arquitectónicas. Algo similar ocurrirá con las herramientas digitales, aunque con un ligero vacío en lo que respecta al uso de herramientas representacionales, lo cual refleja en cierto modo el avance a la hora de utilizar las herramientas digitales, pasando de la mera representación a la utilización de recursos más sofisticados y potentes relacionados con la programación informática y la creación de herramientas “ad hoc”. De hecho, tal y como hemos visto a lo largo de la tesis, esta evolución llegará a impactar directamente sobre el rol del arquitecto y su papel en el proceso de diseño, dando lugar a nuevas metodologías y estrategias de proyecto.

En definitiva, lo que representa este cuadro es un escenario de posibles cruces y sinergias, un escenario que seguirá ampliándose en el futuro con nuevos avances en el ámbito de la ciencia y las tecnologías digitales, los cuales deberán ser integrados a su vez por nuevos discursos y propuestas en el ámbito arquitectónico.

Por último, señalar que la profundización en el campo científico y computacional ha generado una cierta apertura en la disciplina arquitectónica, incorporando las aportaciones de profesionales pertenecientes a otras áreas del conocimiento, tal y como queda reflejado en el caso de Salingeros (físico), Batty (geógrafo), Sasaki (ingeniero), etc. Nos encontramos pues ante un enfoque que tiende a diluir los límites entre disciplinas, fomentando una dinámica de trabajo más plural y colaborativa.

Nuevas herramientas teórico-prácticas para el desarrollo de la disciplina arquitectónica

Los discursos de la arquitectura compleja han contribuido a ampliar la caja de herramientas propia de la disciplina arquitectónica, proporcionando nuevos conceptos, métodos y herramientas de diseño. En la segunda parte de la tesis se han descrito todos estos recursos con cierto grado de detalle, ofreciendo un mapeo amplio y completo de las diferentes herramientas teórico-prácticas proporcionadas por la arquitectura compleja. Tal y como se puede ver en la figura 9.2, existe una gran diversidad de métodos y herramientas que pueden servir para ayudar al diseñador en las diferentes fases del proyecto.

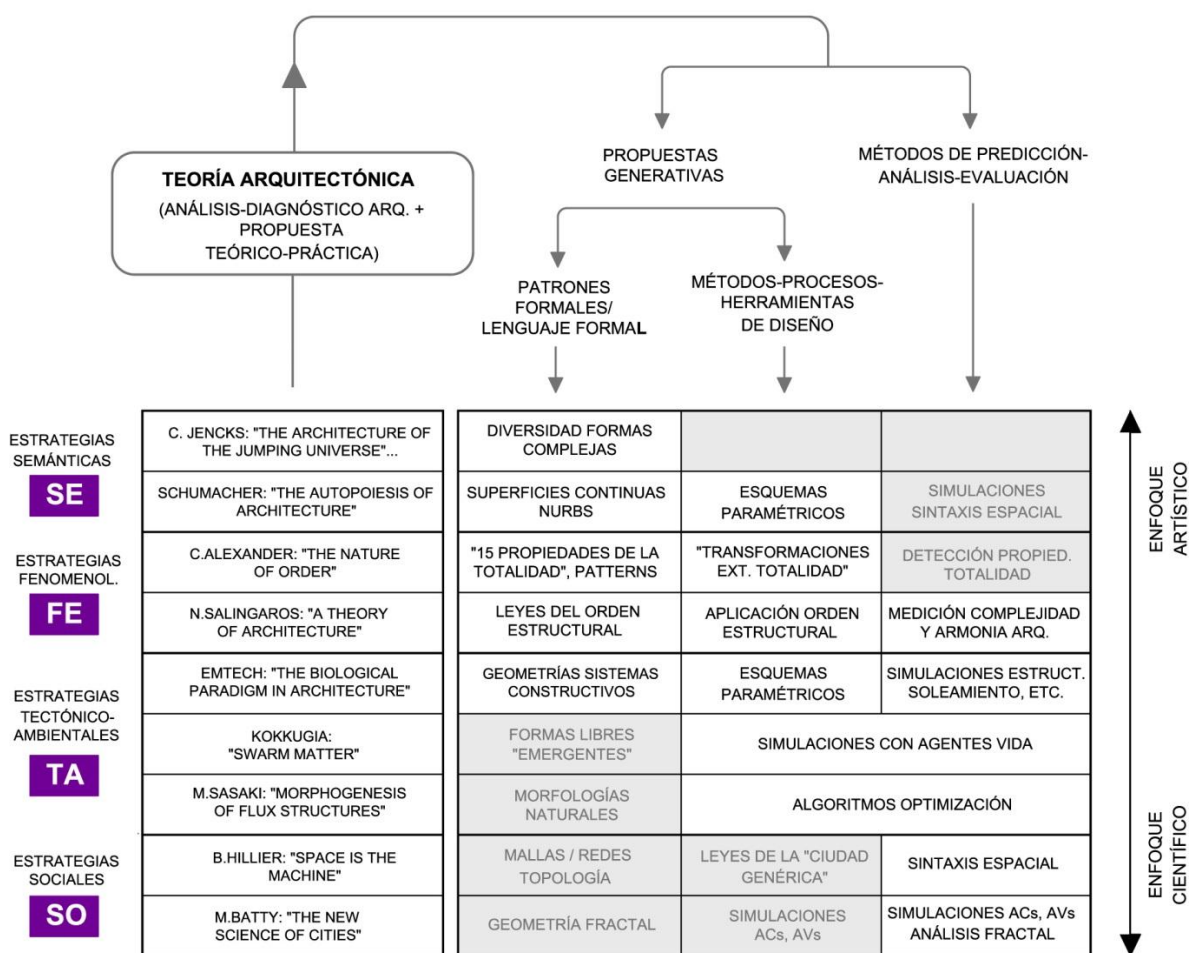


Figura 9.2_ Esquema con los principales protagonistas estudiados a lo largo de la tesis y sus correspondientes aportes a nivel teórico, metodológico e instrumental. Los aportes más relevantes se marcan en negro, y en gris las herramientas de carácter secundario.

Fuente: Jon Arteta

Dentro de este mapa cabe destacar la existencia de propuestas con un carácter marcadamente científico, como las de Batty/CASA y Hillier/Space Syntax, las

cuales otorgan una gran importancia a los métodos de análisis, predicción y evaluación de diseños, mientras que en el lado opuesto tenemos los discursos vinculados a la parte expresiva y artística, como el de Jencks, enfocado principalmente en la experimentación formal. El resto de propuestas se ubicarán en posiciones intermedias, combinando ciencia y arte en diferentes rangos de prioridad e importancia. Tal y como se puede comprobar en la tabla adjunta, aquellas propuestas situadas en la zona media son las que presentan una mayor diversidad de recursos, abarcando tanto los aspectos formales como la sistematización de los procesos de generación y evaluación.

Este mapeo revela claramente el carácter híbrido de nuestra disciplina, demostrando la necesidad de plantear un estudio amplio e inclusivo que incorpore ambas dimensiones (arte y ciencia) dentro de un mismo enfoque global.

Una nueva manera de abordar los problemas arquitectónicos y urbanos

Tal y como indica Sean Hanna en la entrevista realizada para la presente tesis, *“the tools of complexity certainly do let us see architecture and design in a different way”*. (Hanna, entrevista). Alberto Estévez, por su parte, refuerza esta idea afirmando que *“estas herramientas permiten ir más allá de la intuición y de los métodos de trabajo tradicionales en arquitectura; permiten ir todo lo lejos que uno domine la herramienta. A mayor dominio de la disciplina, mayores, mejores y más profundos resultados”*. (Estévez, entrevista). Nos encontramos por lo tanto ante herramientas con un gran potencial, las cuales han sido capaces de inspirar y sustentar diferentes vías de trabajo e innovación:

Autores como Hillier, Batty, Salingaros o Alexander, por ejemplo, utilizan estos recursos para descubrir recurrencias y leyes hasta el momento desconocidas, leyes “científicas” capaces de explicar el comportamiento fenomenológico y social de los entornos arquitectónicos/urbanos. Nos encontramos por lo tanto ante principios objetivos y “atemporales”, principios presentes en obras de todas las épocas. Esto ayudará redescubrir y reinterpretar el pasado, así como a plantear criterios y directrices que ayuden a generar diseños más fundamentados y eficientes en el futuro.

Los autores de la vertiente tectónico- ambiental, por su parte, se limitarán a trabajar con las leyes físicas ya conocidas, aunque implementándolas a través de nuevos métodos y herramientas (esquemas paramétricos, agentes vida, algoritmos de optimización, etc.) que permitirán llegar a resultados mucho más eficientes desde el punto de vista tectónico, energético y ambiental.

Por último, los autores de la vertiente semántica utilizan la complejidad como inspiración para lograr diseños más expresivos y conectados con los valores y singularidades del actual contexto cultural y social, tal y como se ha podido ver reflejado en las obras de Charles Jencks y Patrik Schumacher.

Como se puede comprobar, nos encontramos ante diferentes maneras de innovar y de ir más allá de los límites impuestos por las técnicas y métodos tradicionales. En cualquier caso, para que la arquitectura compleja sea realmente útil y operativa a nivel práctico, será necesario que estas vías de trabajo se complementen y se fusionen entre sí, dando lugar a una aproximación más global y holística. Tal y como se ha explicado a lo largo de la tesis, la investigación en el campo de la arquitectura compleja está marcada todavía por el fraccionamiento heredado de la época postmoderna (y consolidado a través de las actuales estructuras de la investigación académica), haciendo necesario un enfoque general y sistémico que ate los diferentes discursos y los presente como parte de una búsqueda común.

Esta tarea ha sido abordada en el capítulo 8 de la tesis, en el cual se han enfrentado entre sí las diferentes propuestas con el fin de encontrar puntos de confluencia y complementariedad. Tras un proceso de discusión y debate (construido a partir de datos bibliográficos, declaraciones extraídas de las entrevistas del anexo y opiniones propias del autor), se han llegado a plantear una serie de lineamientos o principios clave que pueden ayudar a comprender y generar arquitecturas “Complejamente Organizadas”. De hecho esta es la base fundamental del paradigma, la búsqueda de diseños que obedezcan al concepto de “Complejidad Organizada”, un concepto que hace alusión a la convivencia entre el orden y la diversidad.

Para compatibilizar ambos aspectos se ha propuesto una arquitectura basada en ciertos principios científicos básicos y “atemporales”, identificados con los conceptos de fractalidad y jerarquía escalar, los cuales actuarían como marco para diferentes estrategias y métodos de diseño que combinen la libertad y la diversidad con el respeto a estos patrones de orden. Es así como surgen los conceptos de “singularidad adaptada”, “sistematicidad dialógica”, etc. reflejados esquemáticamente en la figura 9.3.

En definitiva, se trata de plantear un marco teórico y metodológico que fomente la hibridación y el surgimiento de propuestas más versátiles y adaptadas a las necesidades de cada proyecto, superando los dogmas y los enfoques pre-fijados de las diferentes vertientes. Sólo de esta manera se logrará llegar a un enfoque verdaderamente ecológico, profundo y eficiente en todas sus dimensiones (semántica, fenomenológica, social y tectónico-ambiental).

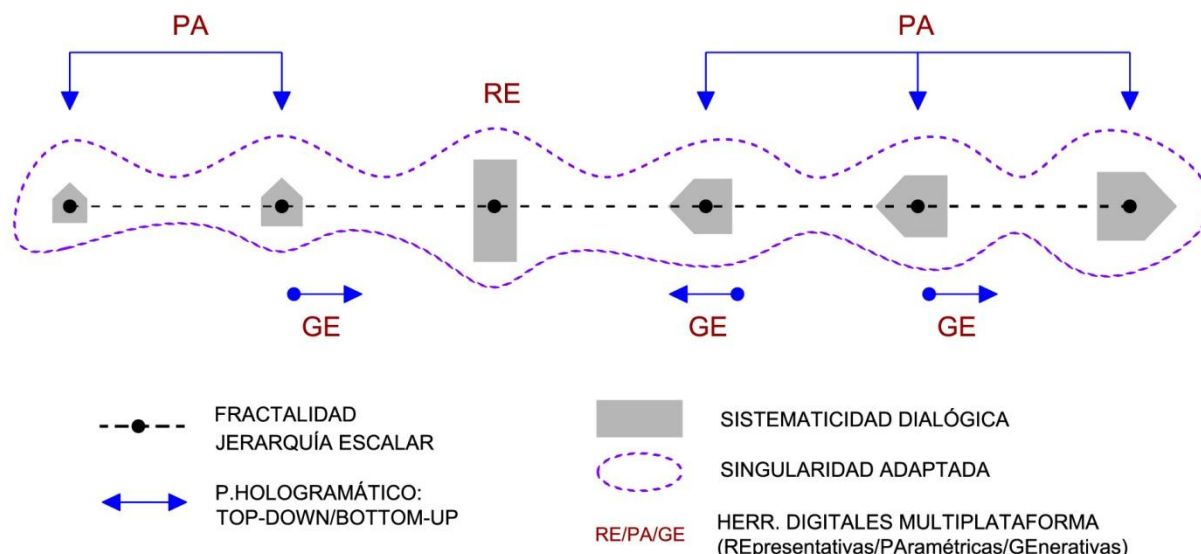


Figura 9.3_ Esquema con los principios básicos propuestos para el desarrollo de la arquitectura compleja. Fuente: Jon Arteta

Construyendo el relato de nuestra época (Zeitgeist)

La arquitectura compleja constituye un paso más en el desarrollo de la disciplina arquitectónica, un avance en la resolución de los problemas y los retos planteados por la disciplina en el contexto contemporáneo. Tal y como indica Alberto Estévez, esto no obedece solamente a una tendencia arquitectónica, sino que obedece a un paradigma de orden mayor, a una tendencia global en el mundo de la ciencia, la sociedad y la cultura: *“es necesario hablar del paradigma de la complejidad si se quiere reconocer nuestro Zeitgeist, los signos de nuestros tiempos. No se trata sólo de la incorporación de conceptos y herramientas procedentes de las ciencias de la complejidad, que hayan colaborado a un nuevo paradigma en la arquitectura, sino más bien se trata del reflejo y expresión de nuestros tiempos, de mayor complejidad, de lecturas múltiples y contradictorias, de interconexiones a veces no evidentes ni evidenciadas, de superación de la aspiración por lo simple, por lo sencillo”* (Estévez, entrevista).

Nos encontramos por lo tanto ante el reflejo de una época, ante la descripción de un nuevo capítulo de la historia. Evidentemente la arquitectura compleja no es el único paradigma existente en el campo de la arquitectura, pero sí que es uno de los más influyentes en el campo de la investigación, y poco a poco también en el campo de la práctica profesional. Más allá de los discursos y los protagonistas estudiados en la presente tesis, también es posible detectar algunos de los rasgos de la arquitectura compleja en las obras de diferentes arquitectos contemporáneos que, de una manera más o menos intuitiva (e influenciada por el medio), incorporan recursos como por ejemplo las superficies y modelos formales adaptables, la repetición no-estándar,

elementos y composiciones de carácter fractal, etc. En cualquier caso, será necesario que todas estas propuestas se apoyen y se complementen a través de la reflexión teórica, a fin de construir un relato sólido y fundamentado que vaya más allá de lo anecdótico o de las simples modas.

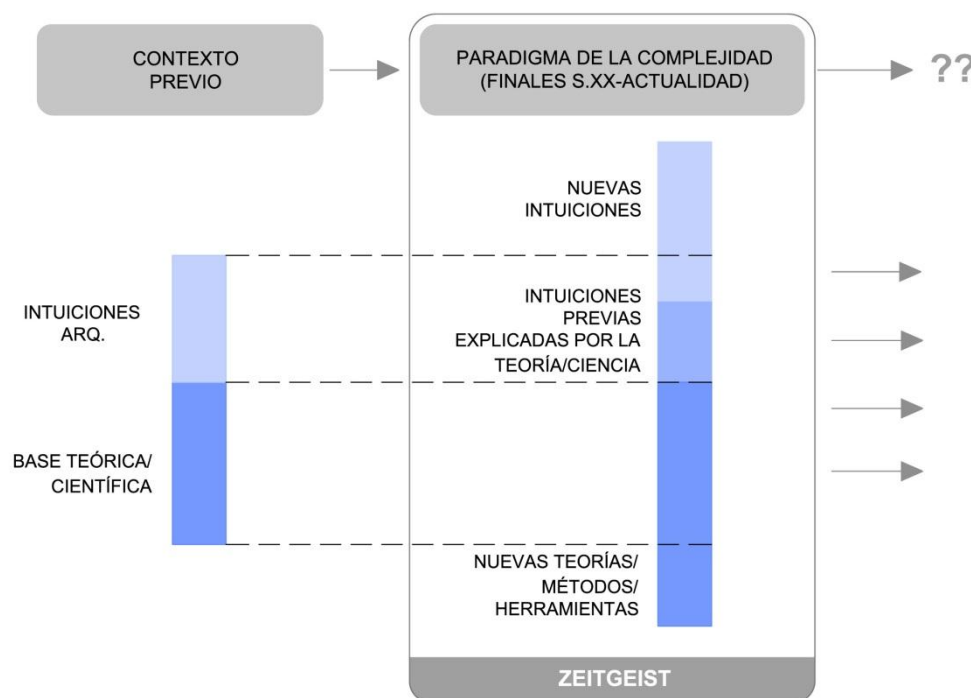


Figura 9.4_Esquema de los aportes de la arquitectura compleja y la consiguiente evolución global de la disciplina arquitectónica. Fuente: Jon Arteta

En definitiva, podemos decir que el paradigma de la complejidad (manifestado en el campo científico, arquitectónico, social, etc.) es nuestro último gran avance, nuestra manera de responder a los problemas y retos de la época actual, y por lo tanto puede considerarse como el reflejo de nuestra condición presente, nuestro “zeitgeist”.

La investigación en el campo de la Arquitectura Compleja; alcance y perspectivas

El estudio desarrollado en la presente tesis ha tratado de ser lo más amplio y representativo posible, aunque siempre dentro de ciertos límites necesarios para hacer viable la investigación. En general, todas las propuestas aquí estudiadas se relacionan de una manera directa con la dimensión física de la arquitectura y sus aspectos formales y espaciales, siendo éste uno de los criterios clave a la hora de delimitar el campo de estudio. Esto ha dejado fuera a los aspectos “no-espaciales” de la arquitectura, comenzando por los fenómenos propios del tercer entorno, citados sólo de manera tangencial pero que evidentemente tienen un impacto clave en el funcionamiento de nuestras ciudades. Lo mismo sucede con otros aspectos de la arquitectura como por ejemplo los aspectos relacionados con la economía, la gestión, los medios de producción, etc. Todos estos factores son fundamentales para entender el desarrollo y la viabilidad práctica de los proyectos y los diseños, y sin duda deberán ir sumándose a las reflexiones planteadas en la presente tesis.

Asimismo, también será necesario estar atentos a los avances en el campo de la ciencia/filosofía de la complejidad y en el ámbito de la tecnología digital, a fin de incorporarlos progresivamente a un discurso que está obligado a evolucionar permanentemente. De hecho, es de esperar que los avances en el campo de la computación y la fabricación digital (popularización de la impresión 3D) proporcionen el impulso necesario para que el cambio de paradigma sea mucho más profundo y efectivo, provocando transformaciones en todas las fases del proyecto. Así pues, la presente tesis constituye simplemente una imagen puntual, una fotografía correspondiente a un proceso en constante cambio y evolución que deberá ir actualizándose.

Por último, indicar la necesidad de respaldar y complementar los principios de diseño sugeridos en el apartado 8 con ejemplos de diseños reales, con procesos de diseño prácticos que demuestren la validez y efectividad de este enfoque. Evidentemente esto constituye una vasta tarea que quedará pendiente también para sucesivos episodios.

Reflexiones Finales

A través de la presente tesis se han resumido más de 50 años de desarrollo de la arquitectura compleja, desde las formulaciones más primitivas hasta los discursos y propuestas que guían la investigación arquitectónica contemporánea. Nos encontramos pues ante un vasto universo teórico y conceptual que ha tratado de sintetizarse de manera más clara y didáctica posible.

Uno de los principales retos ha consistido en desarrollar una investigación sistemática y estructurada que al mismo tiempo sea capaz de transmitir el carácter

diverso y no-lineal de la arquitectura compleja, algo que se ha logrado a través de un proceso progresivo de síntesis e integración que ha permitido conocer desde los conceptos más básicos hasta las teorías y visiones más completas y holísticas. De este modo se ha descrito un paradigma abierto e integrador, un paradigma que no está regido por dogmas ni por discursos unívocos, sino por un conjunto de teorías y herramientas diversas capaces de interrelacionarse y ensamblarse entre sí de múltiples maneras, según los requerimientos particulares de cada proyecto. El objetivo de la presente tesis ha consistido precisamente en describir este contexto, presentando los recursos disponibles y proporcionando las bases necesarias para generar relaciones sinérgicas entre los mismos.

Por último, indicar el deseo de que esta tesis se convierta en reflejo y sustento de un proceso de investigación colectivo, planteando un texto inclusivo y diverso, abierto a la pluralidad de enfoques y opiniones. Esto ha sido posible gracias a un amplio análisis bibliográfico, el cual se ha complementado con las opiniones y testimonios emitidos directamente por algunos de los protagonistas de la arquitectura compleja, a los cuales he tenido el placer de entrevistar. Gracias sus aportes y al de muchos otros profesionales y colegas, se ha logrado construir una vía de trabajo sólida y operativa, una vía de trabajo que sin duda seguirá inspirando a los investigadores del presente y del futuro. Con este horizonte a la vista, sólo queda desear que la presente tesis se convierta en un documento útil y motivador que ayude a dar continuidad a esta apasionante vía de investigación.

ANEXO I: ENTREVISTAS

El trabajo de investigación desarrollado para la presente tesis ha ido acompañado de un proceso de debate y diálogo con algunos de los principales protagonistas vinculados a la arquitectura de la complejidad, el cual quedará (parcialmente) reflejado a través de las entrevistas incluidas en el presente anexo. El objetivo de dichas entrevistas consistirá pues en ampliar y complementar la información bibliográfica existente, invitando a los diferentes autores a especular y a expresar sus opiniones personales sobre diferentes aspectos relacionados con el desarrollo de la arquitectura compleja. La idea de estas entrevistas es generar un espacio informal abierto al debate y la especulación, un escenario de diálogo que permita conocer mejor las ideas y aspiraciones de los principales autores vinculados a la arquitectura de la complejidad.

A fin de realizar un mapeo representativo y plural, se ha decidido entrevistar a autores próximos a las diferentes vertientes consideradas en la presente tesis. La lista final de entrevistados contemplará los nombres de Nikos Salingaros, Michael Mehaffy, Andres Duany, Charles Jencks, Michael Batty, Sean Hanna y Alberto Estévez.

Todas las entrevistas constarán de dos partes: en la primera se plantean preguntas comunes a todos los autores, preguntas generales sobre el “paradigma de la complejidad en arquitectura” que servirán para introducir y explicar brevemente el posicionamiento básico de cada autor. En la segunda parte de la entrevista, por su parte, se plantearán preguntas concretas vinculadas al trabajo específico de cada autor. De este modo se tratará de profundizar sobre los aspectos más destacables y/o polémicos de cada propuesta, detectar posibles vínculos o conexiones con otras vertientes y vías de investigación, así como conocer sus principales retos a corto y medio plazo.

Todas las entrevistas recogidas en el presente anexo cuentan con la autorización expresa de sus autores, a los cuales se agradece enormemente su ayuda y colaboración. Asimismo, las entrevistas se han dejado en el idioma original en el que se realizaron, a fin de mantener la mayor fidelidad posible con respecto a las expresiones y comentarios de sus autores.



Entrevista a Nikos A. Salingaros

Entrevista realizada el 08/05/2016

Nikos Salingaros es físico (PhD), profesor de matemáticas, urbanista y teórico de arquitectura vinculado a la Universidad de San Antonio, Texas. Salingaros colaboró estrechamente con Christopher Alexander en el desarrollo de la obra “Nature of Order”, publicando posteriormente numerosos textos y obras propias de autoría propia, como por ejemplo “A Theory of Architecture”, “Anti-architecture and Deconstruction”, “Principles of Urban Structure”, etc. Salingaros ha dado charlas y conferencias por universidades de todo el mundo (Roma, Delft, Monterrey...) y ha sido editor asociado de diversas publicaciones como “Katarxis III”, “Online planning journal”, etc.

GENERAL QUESTIONS

THE PARADIGM OF COMPLEXITY IN ARCHITECTURE

J.A_ Do you think the incorporation of concepts and tools from the sciences of complexity have led to a new paradigm in architecture? Is it possible and / or advisable to claim the paradigm of complexity in architecture?

NS_ The paradigm is not yet here. It has to be developed further in order to link a more coherent theory (which I explain below) to a practical methodology. Just talking about complexity does not lead to a paradigm — it’s only a dangerous confusion among architectural thinkers who have no idea of what a true theory or paradigm is — they are just playing with words.

J.A_ What is the role of digital tools in this regard? Can we speak of an architecture that goes beyond intuition and traditional working methods? In what sense?

NS_ Digital tools are just tools. They are incapable by themselves of creating either adaptive architecture or a new paradigm for architecture. Useful tools come from science, and we are ready to program this information into software. But the design

method has to match intuition - it can in no way go beyond intuition because then it becomes a tool for generating monsters.

J.A_ Do you think that this type of architectural approach had, has or will have influence on the great problems of contemporary architecture? In which field do you think it has a greater impact?

NS_ What type of architectural approach? The superficial use of software to create strange forms? That's very easy to do, and appears innovative to those without deeper knowledge of design and form, but has no meaning whatsoever. It strongly influences contemporary design but will certainly solve no problems for humanity. We need to think more intelligently than that.

SPECIFIC QUESTIONS

ARCHITECTURE AND SCIENCE

J.A_ The claim of a true architectural theory is a key point in your work, a theory that is not discursive or opportunistic but based on unchanging principles of science.

How can modern science help building this new theory? Are current scientific laws valid to explain the architectural and urban phenomena? Or do we need new theories and paradigms, as claimed by C. Alexander in his book "The Nature of Order"? Do you think we can study the city through natural (physical, biological) analogies or is it necessary to discover more sophisticated laws revealing the artificial nature of cities?

NS_ Alexander's and my work already contain sufficient material for a new theory of adaptive design. It is based on modern science and the different components are widely published. This body of knowledge and practical tools will form the corpus of the new paradigm, if young architects decide to use it. If not, then we are looking to an environmental and cultural disaster. Biological and physical analogies are great to point us towards useful research, but then a model needs to be set up and tested by hard data from processes on the ground. Investigation into the true nature of cities (as separate from models that rely upon analogy) is always necessary, and will surely reveal important complex processes that we never expected.

TOOLS AND METHODS FOR EVALUATING ARCHITECTURAL DESIGNS

J.A_ You use the analogy with the field of thermodynamics to propose a method to objectively evaluate the formal and perceptive characteristics ("structural order") of

different buildings. How do you assess the effectiveness of this method when evaluating different architectures? What would you improve?

Have you thought about creating some kind of software to perform this analysis more quickly and objectively? Do you think it would be possible and/or desirable to construct such software? In the case of space syntax, for example, creating Space Syntax software allowed the worldwide diffusion and expansion of the research. Do you think could happen the same?

NS_ My model turned out to be surprisingly effective. It should be very easy to program my methods to measure “life” in a building and urban region. But more important is to understand the basis of my measurements - and those can be done quickly and roughly by hand. I’m afraid that a more sophisticated program will be used as a “black box”, without trying to understand what it actually measures. That would defeat its entire value in understanding the process of design. This has happened in a way with the Space Syntax software, which is sometimes used by people who don’t have any idea of the underlying forces.

THE ROLE OF DIGITAL TOOLS IN ARCHITECTURAL DESIGN

J.A_ The search of the “structural order” in design appears to be consistent with the potential of certain contemporary digital tools such as parametric tools (allow establishing connections and generic relations between different parts of the project), evolutionary algorithms (can generate multiple solutions and select those that best meet certain requirements), etc.

Does it make sense to explore the possibilities of these tools as a means to generate more sensitive to structural designs? Or do you trust more to human intuition? In your opinion, what should be the role of digital tools in the design process?

NS_ Such tools can and will play a central role in establishing a new paradigm in architecture. Nevertheless, to be useful, they must agree with human intuition. More importantly, they must also agree with physiological-psychological measurements. But these tools alone are useless if they are detached from a model of adaptive architectural design. Without a design framework that is grounded in science, and a deep understanding of the design process, the same tools can be too easily used in an abstract, artistic manner to create monsters.

THE “STRUCTURAL ORDER” IN THE URBAN FABRIC

J.A_ Similar to the space syntax theory, which predicts the movement of pedestrians in the city, could the theory of structural order predict the degree of comfort and

perceptual quality experienced by a pedestrian walking in the city? Would it make sense to extend the analysis of structural order to the urban level? Do you think this could help discovering new patterns and urban realities inconspicuous so far?

NS. Alexander's and my theories are predictive, and so far our predictions of human wellbeing are verified. The results apply on all scales, from a window to an urban region. Our modern age desperately requires new patterns that enhance human life in the built environment. Those can only be discovered through observation, measurement, and testing: i.e. from the scientific method.

J.A_ This would introduce a dynamic-temporal factor in understanding the structural order and its influence on human perception. Have you worked on something in this area?

NS_ Yes, I have written papers on the temporal evolution of urban forms. Spatio-temporal patterns of human use lead us to a vastly improved understanding of how a city functions. This line of investigation reveals the poverty of an "artistic" and essentially static approach to planning, where architects erroneously believe that something that looks good on the screen will work well in a complex urban environment. Entire cities have been designed and built using a static model, and of course they fail entirely as human environments.

FORMAL PATTERNS IN ARCHITECTURE

J.A_ In your writings you claim that not any kind of formal language is able to meet the needs of structural order. This restriction, however, still leaves a vast field for experimentation and innovation. Do you think it is necessary to innovate or is it more desirable to follow proved forms, such as forms of classical architecture? Don't you think that in the current architectural context, given the large number of examples and images available on the Internet, it is possible to find many cases with an appropriate structural order?

NS_ This is the central problem of today's architectural education. One needs to first learn to generate healing environments through traditional typologies, because those are known to work, and then experiment to find new forms and solutions. But be careful not to rely upon images, because the factors affecting human perception and use do not show. Only direct physical experience of place will reveal the hidden factors that are required for good design decisions.

J.A_ Do you think that intellectual/discursive theories could help to encourage this process of innovation and experimentation?

NS_ Yes, if theory is formulated in the sense that Alexander and I use the term. Current architectural discourse unfortunately focuses on justifying non-adaptive projects and a related ideology, and is not theory. Also, experimentation as currently understood by architects is nothing of the kind, because it doesn't include any controls. It's just wild speculation, and should not be built unless its effects on human beings are understood and the users' reactions are anticipated.

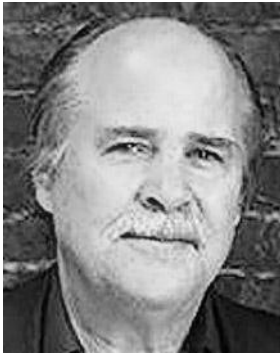
J.A_ And the new tools for non-standard manufacturing such as 3D printing, laser cutting, etc., could they offer a suitable way for formal innovation in architecture?

NS. New complex manufacturing is an important small component of a new paradigm. But so far it has been commandeered by individuals to support the old paradigm. That is not helping the architecture of the future, unless one wishes to continue to perpetuate the current extractive non-adaptive model.

FUTURE RESEARCH

J.A_ What are your main challenges – in short-medium terms related to this line of research? What aspects should be improved? What is your next challenge in architectural research?

NS_ Architectural education requires a complete revision from the ground up. Young architects need to judge for themselves what is adaptive architecture. That will take a lot of courage, since architectural culture has been aligned for decades to serve the interests of a tiny elite. It's extremely difficult to change the system and the rigid mind-set that it imposes on young people. I continue to develop tools for adaptive design, calmly ignoring this giant cultural obstacle.



Entrevista a Michael W. Mehaffy

Entrevista realizada el 29/05/2016

Michael Mehaffy es consultor en diseño y planificación urbana (presidente de la consultora “Structura Naturalis Inc.” y director de la Fundación “Sustasis” para el desarrollo sostenible), teórico en arquitectura, investigador (PhD por la Universidad de Delft), docente (profesor en la Universidad de Oregón, director docente de la “Prince’s Foundation for the Built Environment” y coordinador de la “European School of Urbanism and Architecture”). El trabajo de M. Mehaffy está estrechamente ligado a las ideas y trabajos desarrollados por Christopher Alexander, con el cual colaboró como investigador asociado en el Center for Environmental Structure.

PREGUNTAS GENERALES

THE PARADIGM OF COMPLEXITY IN ARCHITECTURE

J.A_ Do you think the incorporation of concepts and tools from the sciences of complexity have led to a new paradigm in architecture? Is it possible and / or advisable to claim the paradigm of complexity in architecture?

M.M_ I think this is beginnning to be the case, yes. But the reult that has already emerged is fairly superficial, in that it is limited to the creation of new artistic forms. What has not happened to any profound degree is the emergence of new processes, which engage new factors in the generation of those forms - beyond the willful expressions of artists. For example, there are yet to be profound changes in the expressions of human need, or of historic evolution, or of the emergent complexity arising from many participants (AKA “collective intelligence”).

J.A_ What is the role of digital tools in this regard? Can we speak of an architecture that goes beyond intuition and traditional working methods? In what sense?

M.M_ Yes, this goes back to the early work of Christopher Alexander and the “synthesis of form.” Patterns and pattern languages emerged from the early work with computers

in design methods, and ironically, led to an entire new movement within computer programming (e.g. pattern languages of programming, design patterns, wiki, Agile Methodology, etc.) What they all have in common is the ability to use new methods to recapitulate old evolutionary processes in design – what Alexander called the “unself-conscious process” in design.

J.A_ Do you think that this type of architectural approach had, has or will have influence on the great problems of contemporary architecture? In which field do you think it has a greater impact?

M.M_ Yes, I do - because it goes to the core crisis of relevance. How relevant is it that we continue to treat architecture as a gigantic instance of visual culture, instead of a physical manifestation of human habitat? How much do we make ourselves tools, or “product packaging”, for the profitable industrialization of the built environment, instead of servants of human well-being? To the extent we are seen as the former, our profession loses credibility, and our crisis deepens. But the tools and methodologies suggested by the emerging “sciences of complexity” point the way out of this crisis, I believe – by suggesting a more adaptive, relevant, evidence-based approach.

PREGUNTAS ESPECÍFICAS

THE SCIENCES OF COMPLEXITY APPLIED TO URBAN PLANNING AND DESIGN

J.A_ It is possible to find many theoretical writings talking about the relevance of incorporating concepts and ideas from the sciences of complexity to urban planning and design. To what extent this is transferred to practice? How and through what mechanisms /tools / methodologies are the laws of complexity applied to the real urban planning?

M.M_ First, the sciences of complexity give us new insights into what Jane Jacobs referred to as “the kind of problem a city is.” This is the first prerequisite for any field, to correctly understand the nature of the problems being treated. Secondly, the sciences of complexity give us many tools and methods to go after these problems. Pattern languages are an example, but there are many others. I spoke previously about computer-based tools, and of course simulation tools are an example. My own dissertation work on wiki-based scenario-modelling design tools is another example. Network analysis tools such as Space Syntax and Multiple Centrality Assessment are other examples.

DIGITAL TOOLS AND THE DESIGN OF COMPLEX CITIES

J.A_ Are digital tools are an essential resource for understanding and designing urban complexity? How do you value the role of tools such as Space Syntax? Do you think the postulates of Alexander and Salingaros could eventually lead to similar applications or tools? What do you think about more generic tools such as parametric design software?

M.M_ Yes, I think so. Space Syntax is an invaluable tool to understand global connectivity as it manifests in local nodes – and thus to understand the suitability of parts of the city for various kinds of targeted activities. Pattern Language methodology has already proven invaluable in a wide range of fields (including computer software, as mentioned) and I have used it also in my own work on modelling design scenarios.

I regard parametric design software as an interesting capability but not fundamentally an instance of a design methodology addressing complex adaptive systems. It is more often used as a tool to generate aesthetically pleasing (to some) new forms – and as such, its application is quite superficial at present.

URBAN CODES AND SUSTAINABILITY

J.A_ What's the role of sustainability and energetic/material efficiency in urban "Generative Codes"? How are these factors incorporated to the Code? Have you come to quantify the improvements achieved?

M.M_ Sustainability is a global property and not one. I think we should pursue in abstraction from other aspects (Alexander has written about this.) However, it is perfectly appropriate to evaluate (and manage, within such a code) specific factors such as resource consumption and depletion, greenhouse gas emissions, ecological damage, and other factors. But they must not become "silos" that are pursued in isolation. That is not a sustainable approach!

PARALLEL RESEARCH PROGRAMMES: BUILDING A GLOBAL SCIENCE OF CITIES

J.A_ It is possible to find many resonances and similarities between the research work carried out by authors such as Christopher Alexander, Nikos Salingaros, Michael Batty, etc. Could they be interpreted as complementary approaches? Do you detect any incompatibility between these proposals? What other authors do you think they are fundamental for building a new science of cities?

M.M_ I agree! I do not really detect incompatibilities between any of them. I would also add to them, Jane Jacobs, Luis Bettencourt and Geoffrey West, Bruno Latour, Rene

Thom, and Alfred North Whitehead. (The last two are philosophers and not urbanists per se, but they lay much of the groundwork for a complex, process-based approach.)

STRENGTHS / WEAKNESSES OF THE METHOD AND UPCOMING RESEARCH

J.A_What do you think are the main achievements and shortcomings in the application of the sciences of complexity to architectural and urban design? What aspects should be improved? What is your next challenge in architectural/urban research?

M.M_I think this is very much a work in progress. I already spoke of the superficiality of the current emphasis on exotic new forms, as willful expressions of artists. But the city is not a work of art; rather, the art should support and illuminate the life of the city, and not seek to supplant it. This is, in my view, malpractice.

However, the question of how complexity and the understanding of complex adaptive systems might empower design to achieve new things has already been shown in the field of computer science and software design, and in other applications in other fields (e.g. biology, sociology, economics, etc.) I think architecture and urbanism are late to recognize the usefulness of these resources – again, perhaps because they are more focused on images and on “siloe” approaches to urbanism, than on engaging more robust, more evidence-based, more adaptive methods. But a revolution awaits!



Entrevista a Andres Duany

Entrevista realizada el 16/06/2016

Andres Duany es director de la oficina DPZ junto a Elizabeth Plater-Zyberk, siendo responsables de la planificación de más de 100 barrios y ciudades a lo largo del mundo. Duany y Plater-Zyberk también son considerados como los principales creadores y promotores “Nuevo Urbanismo” un movimiento cuyas ideas serán plasmadas en los diferentes proyectos urbanos así como en diferentes libros y publicaciones, entre las cuales destacarán títulos como “The Smart Growth Manual”, “The Smart Code” o “Suburban Nation: the Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream”. Duany se ha convertido así en un referente en el campo de la planificación y el desarrollo urbano sostenible, habiendo recibido varios doctorados honoríficos así como diversos premios (Jefferson Medal, Vincent Scully Prize, etc)

PREGUNTAS GENERALES

J.A_¿Crees que la incorporación de conceptos y herramientas procedentes de las ciencias de la complejidad han dado lugar a un nuevo paradigma en la arquitectura?
¿Es posible y/o recomendable hablar del paradigma de la complejidad en arquitectura?

A.D_ Las teorías de la complejidad son neutras y no son capaces de proporcionar por sí mismas un paradigma útil para la arquitectura: lo que necesitamos son paradigmas globales, paradigmas que incluyan todo, que aporten los valores y criterios necesarios para guiar la disciplina. En este sentido, creo que el principal paradigma para los arquitectos que, como yo, estamos interesados en mejorar la ciudad, es el de la “Ciudad Jardín”. El concepto de ciudad jardín, propuesto inicialmente por E. Howard en su obra “Garden Cities of Tomorrow”, ha sobrevivido de manera extraordinaria por más de 100 años, manteniendo una gran vigencia como paradigma para la planificación.

Los imanes de Howard, y más concretamente su tercer imán, en el que confluyen los aspectos positivos del campo y la ciudad, constituye una base de trabajo de gran valor que, debidamente actualizada y adaptada a las necesidades de la sociedad contemporánea, debería servir como inspiración para planificadores y urbanistas.

J.A_¿Permiten estas herramientas ir más allá de la intuición y de los métodos de trabajo tradicionales en arquitectura? ¿En qué sentido?

A.D_El principal aporte de las herramientas digitales es facilitar la toma y análisis de datos, lo cual indudablemente constituye un aporte. El tercer imán de la teoría de la ciudad jardín, al que acabamos de hacer referencia en la pregunta anterior, plantea siempre un equilibrio entre conceptos aparentemente opuestos, una relación dialéctica entre factores que no se excluyen sino que se deben tratar de equilibrar (la cantidad de espacios verdes y de edificaciones, que a su vez afecta a la capacidad para producir comida, a la cantidad de potenciales consumidores, etc.). Para poder equilibrar todos estos factores es importante disponer de datos cuantitativos, de medidas concretas, y para ello sirven principalmente las herramientas digitales. De hecho, una de mis últimas investigaciones consiste en utilizar herramientas de GIS para tomar datos de regiones específicas y poder así desarrollar tablas que faciliten el trabajo de equilibrar y regular los diferentes parámetros que afectan a la planificación de la ciudad/región. En todo caso, para que las herramientas digitales puedan ser de utilidad es imprescindible contar siempre con un paradigma; hay que tener un paradigma de base, como el de la ciudad jardín.

También será necesario indicar que en la mayoría de los casos estas herramientas y sus correspondientes mediciones constituyen un instrumento político más que una herramienta realmente práctica para el diseño. Uno puede entender la situación simplemente con la observación y la experiencia, pero no tiene credibilidad si esto no está apoyado por datos. Yo no necesito mediciones, la parte científica no la necesito. La parte científica es simplemente política: la ciencia en la arquitectura y el urbanismo es política, es una manera de engranar con el poder.

J.A_¿Crees que este tipo de aproximación arquitectónica ha tenido, tiene o tendrá influencia sobre los grandes problemas de la arquitectura contemporánea? ¿En qué campo crees que tiene mayor impacto?

A.D_En primer lugar, creo que el objetivo prioritario de nuestra disciplina debe ser el de mejorar los entornos urbanos y arquitectónicos, adoptando una posición reformadora y proactiva. Esta es la base del Nuevo Urbanismo, que sin embargo contrasta con muchas de las tendencias predominantes en la actualidad, las cuales se limitan a expresar la realidad urbana tal cual es, sin un deseo verdadero de cambiarla

y/o mejorarla. Además el Nuevo Urbanismo aporta una visión positiva del diseño urbano y la sostenibilidad, contrastando nuevamente con la visión predominante en la actualidad, caracterizada por un enfoque principalmente pesimista y/o catastrófico, cuyo único fin es librarnos del colapso, salvarnos de la crisis energética y ambiental. El Nuevo Urbanismo promueve el diseño sostenible aportando un enfoque más positivo y humano, entendiendo la ciudad como un escenario para el disfrute y la mejora de la calidad de vida. (al igual que lo hace C.Alexander).

PREGUNTAS ESPECÍFICAS

J.A_ La presente tesis doctoral estará basada en el estudio de diferentes protagonistas y vías de investigación, las cuales me gustaría pudieses comentar brevemente, a fin de conocer tu opinión sobre cada una de ellas:

1 Charles JENCKS, AUTOR DE OBRAS COMO “THE NEW PARADIGM IN ARCHITECTURE”. “THE ARCHITECTURE OF THE JUMPING UNIVERSE”...

A.D_ Existen dos tipos de arquitectos: los que se limitan a expresar la situación, que son los que le interesan a Jencks, y los que trabajan para mejorar la situación, dentro de los cuales nos encontramos los integrantes del Nuevo Urbanismo. Los arquitectos expresivos, como Gehry, Koolhaas, etc. buscan expresar el caos, la relatividad, la neurosis, etc.; los arquitectos del Nuevo Urbanismo no queremos expresar eso, queremos arreglarlo. No somos artistas expresivos, sino reformadores proactivos. Son dos mundos totalmente diferentes: no nos reconocemos.

2 CHRISTOPHER ALEXANDER , AUTOR DE OBRAS COMO “PATTERN LANGUAGE”, “THE NATURE OF ORDER”...

A.D_ La de Alexander es una teoría sumamente brillante, una teoría global, comprensiva y orientada al diseño y construcción de mejores entornos arquitectónicos y urbanos. El problema de Alexander es que su teoría no está conectada a una red de poder. El Nuevo Urbanismo, en cambio, sí que está conectado a una red de poder: está conectado a las miles de oficinas de planificación de los Estados Unidos, a través del Smart Code. A los burócratas no les importa que les cambien el libro, les preocupa no tener libro. Por medio del Smart Code es posible hacer que la burocracia incorpore y promueva los valores descritos por Alexander.

El propio Alexander, en una conversación que mantuvimos hace algunos años, me dijo literalmente: “los dos tenemos el mismo electrodoméstico, pero tú has conseguido conectarlo a la red”. Yo me encargo de diseñar el cable para conectarlo al sistema de poder (que no es el poder académico, el poder de la fama... el verdadero sistema de poder es el de la burocracia municipal).

3 BILL HILLIER , PADRE DEL SPACE SYNTAX Y AUTOR DE OBRAS COMO “SPACE IS THE MACHINE”, ETC.

A.D_ La de Alexander es una teoría comprensiva, proactiva, que abarca todas las escalas, desde lo regional hasta la cuchara, hasta lo más pequeño. La de Hillier, en cambio, es una teoría puramente analítica, centrada exclusivamente en el ámbito de la conectividad urbana. Ambos discursos no son comparables; lo que dice Hillier son tres páginas dentro del discurso de Alexander. El éxito de Hillier se basa en la simplicidad de su método. Las teorías simples siempre tienen éxito, a pesar de que dejen de lado muchas de las complejidades de la realidad urbana.

4 EMTECH AA . EXPERIMENTOS DESARROLLADOS EN LA AA BAJO LA DIRECCIÓN DE PROFESORES COMO M.WEINSTOCK , ETC.

A.D_ La metodología utilizada por EmTech constituye más bien un ejercicio intelectual o técnico, especialmente en lo que se refiere al ámbito del diseño urbano, ya que tienden a obviar un aspecto fundamental: el factor tiempo. El urbanismo es diferente de la arquitectura no en la complejidad, porque hay edificios muy complejos, no en la escala, porque hay edificios muy grandes, es diferente porque el urbanismo incorpora el factor tiempo. Lo interesante de los sistemas generativos es pensar en el tiempo.

Diseñar todos los edificios de una sola vez no es hacer urbanismo. Los planificadores no decidimos el diseño final, decidimos quién decide. Diseñamos un método, un proceso, que posteriormente pasa a manos de los organismos y entidades locales de planificación. Las nuestras son leyes públicas, no procesos ocultos dentro de un computador.

Además, con el tiempo he ido aprendiendo a establecer cada vez menos parámetros. No se puede controlar todo: es importante determinar qué se debe fijar por normativa y qué no.

EL SMART CODE Y EL DISEÑO “PASO A PASO”

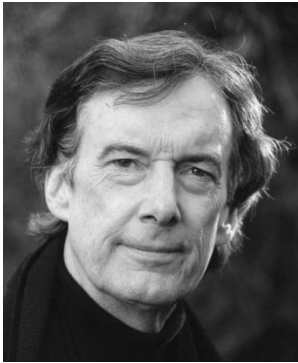
J.A_ En el libro “Nature of Order”, Alexander describe una estrategia de diseño “paso a paso” (“Step by step”), un método generativo en el que cada decisión afecta a las decisiones posteriores. Alexander diseña un conjunto de leyes generativas de modo que el diseño de un determinado edificio dependerá de la configuración de los edificios preexistentes, y a su vez condicionará el diseño de los edificios futuros. Se trata de un proceso acumulativo y no-lineal en el que pequeños cambios en los pasos intermedios del diseño pueden provocar variaciones notables en el resultado final.

El Smart Code considera relaciones similares de interdependencia entre diferentes elementos urbanos y/o arquitectónicos? Crees que es posible elaborar un plan urbano basado en este tipo de procesos no-lineales? O es necesario plantear mayores restricciones?

A.D_ Cuando se diseña a gran escala es casi imposible mantener ese grado de interdependencia entre elementos. La filosofía de diseño expuesta por Alexander proviene de los códigos árabes, los cuales por supuesto obedecen a otra época y contexto. En la actualidad no disponemos del tiempo suficiente para reproducir ese tipo de procesos. ¿Cuánto tiempo tienes para diseñar una ciudad? ¿Podemos permitirnos un diseño paso a paso? No parece viable.

En todo caso, debo indicar que se hemos avanzado mucho en superar la homogeneidad apreciable en algunos de los ejemplos tempranos del Nuevo Urbanismo. Hemos descubierto la existencia de tipologías compatibles, con una mayor variedad de parámetros, lo cual nos ha permitido superar la rigidez inicial para dar lugar a diseños más diversos y adaptados.

Yo soy un gran admirador de la primera generación de arquitectos modernos y de los CIAM, y me identifico con Gideon cuando afirmaba que “lo nuestro es un problema de números grandes”. Creo que el problema de la arquitectura moderna no era tanto un tema de abstracción como un tema de número, de cantidad. Tal y como indica Koolhaas, transformar cantidad en calidad es un ejercicio de alquimia más que de ciencia.



Entrevista a Charles Jencks

Entrevista realizada el 13/06/2016

Charles Jencks es arquitecto, historiador y teórico de la arquitectura, conocido por sus escritos sobre la arquitectura postmoderna en la década de los 70 (reflejados en el libro "The Language of Post-Modern Architecture, 1977), y posteriormente por obras como "The Architecture of the Jumping Universe" (1955), en las cual vincula la arquitectura con las ciencias de la complejidad y las leyes cosmogénicas. C. Jencks Ha sido profesor invitado y conferenciante en universidades de todo el mundo, y a día de hoy sigue siendo una de las voces más influyentes en el mundo de la crítica arquitectónica.

PREGUNTAS GENERALES

THE PARADIGM OF COMPLEXITY IN ARCHITECTURE

J.A_ Do you think the incorporation of concepts and tools from the sciences of complexity have led to a new paradigm in architecture? Is it possible and / or advisable to claim the paradigm of complexity in architecture?

C.J_ As you know I base the complexity paradigm on the post-modern sciences of complexity of the Santa Fe Institute (1984 foundation), which differ from the Newtonian Modern sciences of simplicity (or the Nonlinear versus Linear sciences). The complexity sciences have been illuminated by the computer which deals well with self-organizing systems, well beyond the maths of modern scientists. Chaos and recent cosmology as well as emergence, biology and ecology (older ones) are three of the sciences of complexity. The diagrams in The Architecture of the Jumping Universe, 1995, and the arguments put there clarify many of the key points you ask. As well there are the 3 popular books on Complexity that emerged in 1992 which led to the paradigm in science. Now there are the key ideas of complexity: interdependent agents; diverse entities that adapt (complex adaptive systems), self-organising criticality, emergence,

tipping points, sudden group behavior unpredicted by the micro-parts, novelty as essential, robustness of plural systems and so on

No question that the Modern telescope and microscope have given way to the computational tools that now dominate any profession, and architecture (more than poetry, dance, painting, and performance art) is implicated up to its neck in computational design, in digital production and complex layering.

If you read the key texts of the 1960s from Jane Jacobs ("The kind of problem the city is? Organised complexity, not statistical thinking of Le Corbusier".); or Robert Venturi's reading of complexity – his references to Hecksher, and above all Herbert Simon – or read my piece "Complexity and Contradiction in Architecture Turns 50" in Architectural Record, May, 2016 where I discuss your question - ; or Rachel Carson and many others - many were inspired by nonlinear biology (again Jacobs and Herbert Simon). Complexity I is Jacobs/Venturi/Rowe/Collage; Complexity II is from the 1980s and complex adaptive systems.

It's clear the paradigm is changing, and might take another 50 years to sink into culture completely (just as the Renaissance thinking took a hundred years). My many writings on cosmology and design, my work at Cern etc. and on the Multiverse also discuss the new paradigm. Basically it is the way the self-organizing universe became the referent for our meta-narrative, at least in the west. But of course postmodernists accept a multi-speed world, and are committed to its pluralism.

J.A_What is the role of digital tools in this regard? Can we speak of an architecture that goes beyond intuition and traditional working methods? In what sense?

C.J_Good point, the computer and the emergence paradigm is an aid to tradition and intuition - they speed up both, they confirm both aspects faster than the older methods, and aid emergence or fast-prototyping.

J.A_Do you think that this type of architectural approach had, has or will have influence on the great problems of contemporary architecture? In which field do you think it has a greater impact?

C.J_Again, no question that all the big firms are fully computational, the cheaper ones with BIM, and the high end ones of Foster and Gehry with more creative software. Socially and economically the globe is driven by top-down computation, rather than bottom up emergence, as it was in the past agrarian societies. And this fact presents a great problem for architects, especially those with a social conscience: the disjuncture between their bottom up models and top down corporations. Architects occupy a middle ground here. There are a few digital inventions such as Wikipedia that employ the wisdom of crowds creatively – we hope there is more Wiki-architecture.

PREGUNTAS ESPECÍFICAS

2 THE LIMITS OF POST-MODERNISM AND THE ARCHITECTURE OF COMPLEXITY

J.A_ Your book "The Language of Post-Modern Architecture" has been reedited and updated on numerous occasions, coming to the speech to incorporate architectures related to theories of complexity. What is the limit of postmodernism? Is there any red-line that could mark the end of this period? Which is the main difference between the Post-Modern period and the period of complex architectures?

C.J_ Post-Modernism, as the "loyal opposition to Modernism," or "Critical Modernism" will last with its ups and downs as long as its parent does – 100 more years?

J.A_ Do you think it has survived the "Bilbao effect" and the economic crisis in Europe? Could we say that is still alive today? Under what assumptions?

C.J_ PM, for brevity, rises and falls, waxes and wanes, as most of my evolutionary diagrams and writings show but the 6 traditions of it still go on at various speeds. The iconic building and the Bilbao Effect are still growing, with difficulties in quality, but are not about to disappear - even if their death is announced continually by unhappy critics. Architects will have to rethink their relation to power and money, and become both more realistic about society and more critical. As a profession however architects still only build 2-8% of the world buildings, and the honorific ones of prestige, so their protestations of leading society (which go back to before Vitruvius) fall on the ears of the powerful who, like politicians, manipulate the utopianism.

3 ARCHITECTURES OF COMPLEXITY: DISCOURSIVE Vs SCIENTIFIC APPROACH

J.A_ The paradigm of complexity in architecture seems to develop on two parallel ways: the discursive -aesthetic, embodied by your own theories, and the "scientific", represented by the works of authors like B.Hillier, M.Batty or C. Alexander, among others.

C.J_ Aesthetics is only a part of my orientation or that of the PM tradition (though it dominates Patrik Schumacher and did Zaha Hadid). In fact I am critical of some Modern and Late-Modern architecture because it privileges aesthetic over moral, semiotic and other issues. Hillier, Batty and Alexander have, in different ways, each made great contributions to the growing paradigm, but it is important to remember that, as with Modernism, it includes many streams in its broad river delta (see my *The Story of Post-Modernism*, Wiley, 2011 where the deltas are discussed with the evolutionary tree). The deep and surface river of traditions is an acceptable and pluralist metaphor for dealing with these problems.

J.A_How do you interpret this duality in the development of the new paradigm? In your opinion, what is the weight of these scientific proposals within the new paradigm? Are they equally relevant or should be considered as secondary?

C.J_Architecture is semi-autonomous, like any art, and therefore must concentrate on its own language – but society and the wider culture affect it more than the other arts, and in literal ways. My own cosmogenic work is based on contemporary science (see the writing *The Garden of Cosmic Speculation*, 2003, *The Universe in the Landscape*, 2011, etc.) but I am critical of many scientific metaphors and the culture of science where, for instance, it often progresses with reduced military metaphors. In your country I have disagreed with the “Big Bang” and in 1995 argued with the head of the science museum in Barcelona over it. Contrary to what he said, and 99 % of scientists claim without thinking, the origin was not a big bang – Pentagon language, George Bush language, a good example of the reigning culture of Big Architecture, and *BIG*.

No one heard it (for obvious reasons), but scientifically it was absolutely silent in sound. It was the fast hot expanse of space – what I have designed (and built) many times as “The Hot Stretch.” It was not “Big in Size” either, smaller than a quark that expanded faster than the speed of light. All of this is true, but it is hard to dent the OO7 Language of the scientific culture (although in the past 3 years, if you follow the story on Google, you will see how the Big Bang is being dropped in images, and “the quantum expansion” beginning to take its place...so there is a modicum of progress). Anyway, if you read my *Critical Modernism*, Wiley 2007, (the fifth edition of *What is Post-Modernism?*) you will see the cultural and scientific arguments which I believe are true and relevant to global culture today.

4 POSTMODERN DIVERSITY Vs IMPOSITIVE DISCOURSES

J.A_You have always interpreted architectural styles as heterogeneous sets of proposals and formal languages, avoiding standardization and taxation. In fact, this heterogeneity is supposed to be one of the main features of postmodern context (and also of the complex architecture). While the first post-modern manifestations embraced and promoted this eclectic and diverse attitude, most current architectural proposals related to the sciences of complexity tend to promote a restrictive and hegemonic attitude, trying to impose their ideas and formal criteria on the rest of options (such as P. Schumacher, C.Alexander, etc.).

C.J_No question this is true in part, especially about Patrik, who I have continuously criticized in public, even last week for the fifth time, at a Zaha celebration. First he wants “Parametricism to be the hegemon” as if the 1960s, and Stalinism had never existed; second he has yet to read Luigi Moretti on Parametric Architecture of 1953, in spite of my publicly calling attention to this in Italian Biennales for many years in Italy. But then the young do not read much and Patrick is happy to take the hegemonic role.

He's certainly not a dictator and won't ever become one. But in the architectural schools the digital has been used often in a reductive way to coerce students, and he is part of this hegemon. Anyway, you are right the digital tool is often used as a formalist repression, but maybe less completely than those of the past (such as the prevailing styles) – and the digital insights can often be turned back on the formalists by intelligent architects.

J.A_How do you interpret this context? Can we talk about an open and heterogeneous architecture in spite of the imposing character of its theoretical/practical proposals?

C.J_Well, again theory like the digital has been used as an academic and professional tool but that needn't be always oppressive.

5 THE INTEGRATION OF COMPLEX ARCHITECTURE INTO THE MAINSTREAM

J.A_Most of the works used as an example of the complex architecture are unique buildings, iconic buildings that represent a very small percentage of the total built environment. An architectural model should be able to provide valid proposals and alternatives to improve the architectural and urban fabric globally, posing a model applicable to a wide range of cases.

C.J_Yes, you are right, the iconic building is hardly the whole environment but architects are not asked to build that; and we live after the fascists, Modernists, the State, and countless others took on this mantle, and claimed to build for everybody. Prince Charles claims to be in favor of community architecture, but you see that his revivalism is no more egalitarian than others who speak for the people. On one level architecture is a very modernist and anti-complex profession: it is about "command and control" not "emergence and creativity". If you study the sciences of complexity, and I urge you to do so, you will find all the ways the profession is in our capitalist society still based on "command and control." Precisely what the client and corporation want from the architect. A Newtonian world of certainty and top-down control. This is one reason a more modest critical architecture of pluralism is both more complex and postmodern.

J.A_Is this possible within the architecture of complexity? Is it possible to overcome the elitist barrier to affect the city as a whole? In the case of affirmative answer, could you give an example you consider satisfactory in this regard? What are the main guidelines of this new global model?

C.J_It depends if you want individual answers or collective ones; a series of existential benign acts or the few best examples that have slipped through the reigning modernist system. I have recently written on one example in *Architectural Review* (June issue on "Notopia") on "The Singapore Paradox – Generic Individualism the Reigning Style of

Our Time.” That City-State squares the circle you are interested in, but does so partly because it is only 5.5 million people, surrounded by enemies, and run by authoritarian politics: they have been able as a result to introduce and sustain the 5 social goods, as I call them, and social architecture of 84 % social housing etc. Of course this “Disneyland with the Death Penalty” has its drawbacks and the architecture is not very creative but it certainly works socially. I wrote up the positives to shock westerners who put it down all the time.

But bigger countries cannot easily affect the city as a whole. The city is an emergent economic reality that needs the kind of thinking Jane Jacobs opened up and has developed since 1961. Cities have to die and regrow; they need complex areas that are not only aesthetic; they need citizen renewal and struggle and economic inventions; not lots of great architecture but rather good building. As Jacobs says, “a city is not a work of art” - except in small places. Read Isaiah Berlin or Colin Rowe if not Jane Jacobs. Or look at the many exemplary parts of cities that renew themselves, and fragmentation of great architectures. Brasilia and Chandigarh have tried the totalistic command and control model and it doesn’t work very well. At a smaller scale it works better. If you want a “holistic or totalistic solution” then go into politics, and you will see the problem with the desire. On the other hand, there are a lot of institutions that use good architects and their utopian desires in a positive way, and our Maggie Cancer Caring Centres are one example. Or public housing put through by benign administrations. But the efforts are always time and culture dependent, and partial and not totalistic.

6 FURTHER RESEARCH

J.A_ Which is the main focus of your current research? Which is the next step in the architecture of complexity?

C.J_ As often, I watch, look and listen. If there is one lesson of complexity, and the jumping universe, it is that we are not determined, and therefore staying with self-organizing systems, and carefully working with them is the best option. Of course just as many aspects of life remain command and control, and architecture as an art needs both; but the practice of architectural art is richer than this and more dynamic. As for my research it is continuing in the sciences of complexity, and the multiverse, which I am continuing to construct in Scotland – working with scientists, craft-oriented people, citizens, rich and poor, ordinary people, romantics, maybe a cross-section of humanity.



Entrevista a Michael Batty

Entrevista realizada el 17/05/2016

Michael Batty es profesor de planificación urbana en la facultad “The Bartlett” del University College de Londres (UCL), donde es presidente del Centre for Spatial Advanced Analysis (CASA). Ha trabajado en modelos informáticos de ciudades y su visualización desde los años setenta, habiendo publicado numerosos libros y artículos sobre el tema, entre los cuales destacarán obras como “Fractal Cities” (escrito junto a Paul Longley en el año 1994), “Cities and Complexity” (2005) o “The New Science of Cities” (2013). Su labor como investigador en el campo de la geografía y la ciudad le han proporcionado numerosas distinciones, como por ejemplo el “Lauréat Prix International de Géographie Vautrin Lud”, conocido habitualmente como el “Nobel de la Geografía”.

PREGUNTAS GENERALES

1 THE PARADIGMA OF COMPLEXITY IN ARCHITECTURE

J.A_ Do you think the incorporation of concepts and tools from the sciences of complexity have led to a new paradigm in architecture? Is it possible and / or advisable to claim the paradigm of complexity in architecture?

M.B_ Possibly it has led to a new paradigm but I tend to think it is new materials and CAD-CAM that is more important than complexity. It depends on what aspect of architecture you are thinking of. Complexity theory is more about social and physical issues – about how society and cities evolve and there is a role I think for the idea of biomimicry – growing buildings and in this sense, one might think of buildings emerging – but it is much more likely that the new paradigm pertains not so much to individual buildings but to the way cities evolve

J.A_ What is the role of digital tools in this regard? Can we speak of an architecture that goes beyond intuition and traditional working methods? In what sense?

M.B_ Yes of course. Digital tools in essence imply enormous possibilities for experimentation and in this sense, I think the whole design process might be changed by such digital tools.

J.A_ Do you think that this type of architectural approach had, has or will have influence on the great problems of contemporary architecture? In which field do you think it has a greater impact?

M.B_ It is having and will have a great impact, starting with high profile buildings and then eventually during this century drifting down to more individualistic concerns for individual buildings and domestic buildings. Complexity theory has most impact on how cities evolve but it is introducing greater uncertainty in architecture and greater freedom of expression in how we interpret art and architecture

PREGUNTAS ESPECÍFICAS

2 SIMULATIONS AS PLANNING TOOLS

J.A_ Anthony Townsend, in the book "Smart Cities", points out that simulations often become "black boxes" because it is too hard for non-specialized agents to understand the insights and conditions that those simulations represent. What has been the progress in this regard? How to get simulations adopt the necessary weight and relevance in the planning process? Is there still lot of work to do?

M.B_ The problem is this – if the designer or architect does not understand how the model or simulation works – then they must inevitably treat it as a black box and their critique of its operation or outputs is then limited. They need to know what is inside the black box. Most of the time this is possible but only if you are skilled enough to open it up. In short you need that understanding. Sometimes models and software are in fact closed as the intention of those selling it or using it is to keep it closed and in this sense, it is designed to be used as a black box. In most if not all cases this is a bad thing but in general, it is always possible to open the box if one has enough knowledge. The only systems that cannot be opened are those that are encrypted to make sure they cant be opened but most simulations are not like this.

3 THE SIMULATION OF URBAN PHENOMENA APPLIED TO PLANNING

J.A_ What kind of simulations are the most used in urban planning today? What kind of phenomena are most studied? Can you cite a case study in which these simulations have played a particularly important role in the decision making of a plan?

M.B_ Most simulation models are those that enable you to make 'what if' predictions. These are not absolute predictions for predicting the future is intrinsically impossible – these are conditional predictions and this their outcomes are not likely to occur and they are often highly simplified and useful only for exploring the solution space of the problem – identifying many possible scenarios for debate and discussion. Most good models are those that inform rather than predict or only prediction conditionally. In fact there are many transport models that predict conditionally and have been used in practice as are the many retail models used to predict future shopping patterns. It is never possible to say that a prediction has or had not been borne out because the future is unknowable.

4 ANALYZING COMPLEXITY Vs CREATING COMPLEXITY

J.A_ Steven Johnson, in his book "Emergent Systems," points the existence of different evolutionary stages in the development of the complexity paradigm: the first is the understanding and simulation of complex phenomena, while the second is to create and manage these phenomena, that is, to use laws of complexity to generate new urban dynamics and solve practical problems.

Do you agree with this statement? Is the incorporation of "Smart Cities" program within CASA reflecting this process? How both processes are related, the analysis and the "creation" of complex phenomena?

M.B_ Yes to an extent. I don't think we have gone very far along the process of actually developing good planning methods using complexity theory as yet though/ Our smart cities programme tends to focus towards these aims but we are not trying to teach planners per se but simply to explore people to new technologies that can be used in all sort of planning and management processes, some of which involve smart technologies, new and big data, new simulation models and so on.

5 THE LAWS OF THE COMPLEX CITY

J.A_ In your writings you describe the city as a complex phenomenon which, far from being in a self-regulating balance, is constantly subjected to sudden changes and "catastrophes" (in the sense given by the sciences of complexity). However, you also speak about some "scaling laws" that would be common to all cities, and somehow reveal certain universal and invariant laws.

How this apparent chaos and volatility of urban processes is related to the existence of invariable laws common to all human settlements? How can this apparent paradox be resolved?

M.B_Good question. Essentially scaling laws do try to establish universals but they tend to be related to properties that relate to the physics of the city. To an extent plans can fight against such laws and invariably if they do then the laws will reassert themselves. With respect to chaos and volatility, much of this gets absorbed un the city organisms and although tending to adapt physical form, does not really affect the macro scaling laws that tend to dominate as invariants aspects of human behavior.

6 THE SCIENCE OF CITIES AND ITS ROLE AS A CRITICISM TOOL

J.A_Some authors criticize the fact that the scientific approach to the city is not complemented by critical assessments.

Should architecture and urban science simply explain and solve the phenomena of the current reality? Is this possible to do this in a neutral way? Or on the contrary, there is a possibility to promote and generate changes in the urban reality from these disciplines? In this case, who should be in charge of raising these scenarios?

M.B_Well planners and designers and all thinking people involved in complex systems should be trained in some of this sort of thing and in this context I would expect them to be critical of the any approach, always watching and waiting for something better

7 FUTURE PROSPECTS FOR THE NEW SCIENCE OF CITIES

J.A_What are the main challenges in the short-medium term research? And in the more distant future, how do you think this research field will evolve?

M.B_I think we will be able to lay out some pretty generic properties of cities in the next 20 – 30 years. But the problems of how to plan, how much to intervene, how much to fight against del-organization from the bottom up and so on will remain with us and there is no getting way from the fact that a science of cities needs to embrace a continually changing perspective in what is important in cities and how we can change cities. In a sense, complexity in cities means continual change.



Entrevista a Sean Hanna

Entrevista realizada el 03/11/2016

Sean Hanna es miembro del Space Syntax Laboratory, director del programa de Máster en Computación Arquitectónica, y Director Académico del Centro de Formación Docente de la UCL en Ambientes Virtuales, Imagen y Visualización. Su investigación se basa principalmente en el desarrollo de métodos computacionales para hacer frente a la complejidad en el diseño y el entorno construido, habiendo participado en diversos programas de investigación (Enfolding, E-ArchiDoct...), así como en publicaciones en revistas como "The Journal of Space Syntax" o "International Journal of Architectural Computing", entre otras.

PREGUNTAS GENERALES

1 THE PARADIGM OF COMPLEXITY IN ARCHITECTURE

J.A_ Do you think the incorporation of concepts and tools from the sciences of complexity have led to a new paradigm in architecture? Is it possible and / or advisable to claim the paradigm of complexity in architecture?

S.H_ The word paradigm carries with it the idea of a grand and total shift in the way we understand the field and practice. I'm not sure this is quite right. Personally, though, I think the shift of view it implies happens at many different scales, in exactly the same way. The tools of complexity certainly do let us see architecture and design in a different way.

J.A_ What is the role of digital tools in this regard? Can we speak of an architecture that goes beyond intuition and traditional working methods? In what sense? Do you think that this type of architectural approach had, has or will have influence on the great problems of contemporary architecture? In which field do you think it has a greater impact?

S.H_ In particular, you mention intuition. Bill Hillier often remarks that the main purpose of Space Syntax is to make the complex accessible to intuition -this is the same for all of these tools, in that they can make otherwise unseen patterns explicit. My own work is largely focused machine learning and finding patterns in big data, in which I believe intuition plays a different role. The main role of intuition in design is to handle all the complexities that are never made explicit. Most of the "information" handled by an expert, trained, designer is actually not made explicit, and possibly cannot or should not be. Brian Lawson points this out ("How Designers Think") when he talks about "numerical measuring diseases" and fixation on the measurable. However, our intuition fails us when we are dealing with very complex designs (large buildings, cities) because they are beyond the scale our minds have evolved to handle. By understanding improvements in artificial intelligence, my own hope is that the tools we develop to process this complex data will be able to handle it in a manner similar to an expert designer, rather than by simplifying it. The challenge here is to ensure this is stable, and subject to at least the same checks that would apply to human experts. I hope this will allow us to tackle the great problems of the future of architecture, but can't be certain. I am more certain that it will have some influence.

PREGUNTAS ESPECÍFICAS

2 SPACE SYNTAX AND THE DESIGN PROCESS

J.A_ Space Syntax is considered as an analytical tool, used to evaluate "finished" designs. Some authors use it as a political tool, that is, as a means to justify or legitimize designs that have been made "intuitively". Is Space Syntax a purely evaluative approach or do you think it can also be useful in the creative design process? How? Does space syntax allow the designer go beyond pure intuition?

S.H_ My answer above addressed much of this: particularly with respect to making certain factors explicit, it can indeed become a powerful tool to argue effectively for some outcome. It helps reveal spatial relationships that evidence shows are legitimate, so I believe in most cases it will be a valid one in terms of those spaces, but (again, after Brian Lawson's worry above) there may be other, non-spatial, factors that it overlooks.

Designers never work with pure intuition. At the very least, the act of discussing a project with colleagues or formal review in a crit, consultant or client meeting situation forces a designer to verbalise and subject elements of the design to external evaluation, either qualitative or quantitative. Space Syntax is certainly able to help with the latter of these.

There has been some work looking at how the use and training in Space Syntax changes an individual's intuition about space. Kinda Al Sayed published one or two papers reporting on designers' performance of a particular design task.

3 SPACE SYNTAX Vs AGENT SIMULATION

J.A_Space syntax studies relations and connections between elements, leaving apart their morphological features (colour, textures...). These morphological features, anyway, are also relevant in order to predict how people move and react to different architectural/urban environments, and some agent-based simulations are being used to study this. Do you think both approaches, space syntax and agent-based simulation, can be complementary? What are the main advantages of space syntax (that cannot be reached by agents)?

S.H_Agent simulation is a part of Space Syntax. Alasdair Turner's visual agents have been used for years and are an integral part of Depthmap, the main software of Space Syntax. These agents are very simple, in that they operate only by making decisions about movement based on a weighted, random choice of direction within their field of view. We are interested only in the long term aggregation of the location of many agents over time, which converges, correlates highly with observed human movement in space, and is related to space syntax measurements such as integration. Individual agent paths, however, look erratic and unrealistic.

The point about these agents is that they are quite simple, so make very few assumptions, and those (such as the angle of vision of 170 degrees) are well founded empirically (it's the same as human vision, and agents with that angle correlate best with real humans). The agents that dominate the bulk of "agent based modelling", by contrast, usually attempt to realistically model individuals, so might have a much more complex set of goals, personality traits, physical differences, etc., for which an attempt is made to match statistically to a real human population. This is an entirely different approach, and as I recall, Turner's agents were not generally well-received by the ABM community. We think our approach is much better, and much more solid, because it is more explanatory, and empirically validated.

4 URBAN LEGIBILITY IN THE DIGITAL AGE

J.A_ New technologies affect significantly the way in which we move through the city; gps, pages that recognize our position and they suggest shops, events, sights ... Is the spatial syntax of the physical city still useful to explain urban dynamics? How do you understand the connection between these two layers of urban reality, physical and digital?

S.H_ This is a big question, and much more research needs to be done. I don't have the answer.

There was some work quite some time ago, looking at internal telephone traffic within UCL. It showed that the traffic did not correlate with the institutional organisation (which is non-spatial) but was strongly associated with spatial location. E.g. architects in one Bartlett building had more telephone conversations with chemists in the neighbouring building than with others in a Bartlett building across campus. This suggests that the spatial still has a major influence.

There is also the position that it should. One of the worries of non-spatial social networks (internet based) is that we tend only to associate within self-selecting groups, and are exposed only to ideas that confirm existing biases. The polarisation of internet politics, Brexit and the current US presidential campaigns are potentially a result of this. I think we're a long way off, but it seems clear that the spatial and trans-spatial networks are both significant, and both quite different. It is a major research challenge for now and the future to understand their relationship.

6 FUTURE IN SPACE SYNTAX RESEARCH

J.A_ What do you think are the main achievements of the theory of space syntax and what are the main challenges for the future?

S.H_ I think the main achievement is the boost to intuition I mentioned, and the bringing to light crucial aspects of space long overlooked in the innovation of the 20th century. Having just written it above, I'd say the understanding of the spatial and non-spatial is an important future direction.



Entrevista a Alberto T. Estévez

Entrevista realizada el 08/10/2016

Alberto T. Estevez es doctor en arquitectura e historia del arte, fundador de la ESARQ y director del master “Arquitectura Biodigital” y del grupo de investigación “Arquitecturas Genéticas” de la UIC (Universitat Internacional de Catalunya). Alberto Estevez dispone de una amplia trayectoria como investigador y docente, con más de cien publicaciones y la participación en numerosas exposiciones, congresos y conferencias por Europa, América y Asia. También es el fundador del primer Laboratorio de Arquitectura Genética del mundo (GENARC, UIC,200), donde biólogos genetistas trabajan al servicio de objetivos arquitectónicos.

PREGUNTAS GENERALES

1 EL PARADIGMA DE LA COMPLEJIDAD EN ARQUITECTURA

J.A_¿Crees que la incorporación de conceptos y herramientas procedentes de las ciencias de la complejidad han dado lugar a un nuevo paradigma en la arquitectura? ¿Es posible y/o recomendable hablar del paradigma de la complejidad en arquitectura?

A.E_Por supuesto que la incorporación de conceptos y herramientas procedentes de las ciencias de la complejidad han colaborado a un nuevo paradigma en la arquitectura, que a su vez lo han facilitado también, pero casi más como mayor desarrollo del mismo, ya que habría surgido igualmente. Y está claro que es posible hablar de él, del paradigma de la complejidad en arquitectura. Y es también recomendable hablar de él si se quiere reconocer nuestro *Zeitgeist*, los signos de nuestros tiempos. Pues, no se trata sólo de la incorporación de conceptos y herramientas procedentes de las ciencias de la complejidad, que hayan colaborado a un nuevo paradigma en la arquitectura, sino más bien se trata del reflejo y expresión de nuestros tiempos, de mayor complejidad, de lecturas múltiples y contradictorias, de interconexiones a veces no evidentes ni evidenciadas, de superación de la aspiración por lo simple, por lo sencillo.

J.A_¿Permiten estas herramientas ir más allá de la intuición y de los métodos de trabajo tradicionales en arquitectura? ¿En qué sentido?

A.E_Estas herramientas permiten ir más allá de la intuición y de los métodos de trabajo tradicionales en arquitectura, claro que sí: permiten ir todo lo lejos que uno domine la herramienta. A mayor dominio de la disciplina, mayores, mejores y más profundos resultados. Hasta el punto de poderse automatizar ese “ir más allá” desde cierta AI que las herramientas facilitan.

J.A_¿Crees que este tipo de aproximación arquitectónica ha tenido, tiene o tendrá influencia sobre los grandes problemas de la arquitectura contemporánea? ¿En qué campo crees que tiene mayor impacto?

A.E_No lo creo, lo pienso y lo imagino: este tipo de aproximación arquitectónica ha tenido, tiene o tendrá influencia sobre los grandes problemas de la arquitectura contemporánea. Y el campo que pienso e imagino que tendrá mayor impacto es el genérico de proyectos arquitectónicos, que incluye todos los otros campos.

PREGUNTAS ESPECÍFICAS

2 LA ANALOGÍA NATURAL/BIOLÓGICA EN ARQUITECTURA

J.A_¿Hasta qué punto crees que es válida la analogía natural/biológica en el desarrollo de nuevas estrategias arquitectónicas y urbanas? ¿Dónde estarían sus límites? Toda analogía tiene sus puntualizaciones o excepciones... ¿cuáles serían, en tu opinión?

A.E_La analogía natural/biológica ha servido, sirve y seguirá sirviendo en el desarrollo de nuevas estrategias arquitectónicas y urbanas. Y sus límites no son conocidos, ni puede saberse de momento si llegarán a aparecer límites. De momento sólo sabemos que se extiende un vastísimo horizonte sin límites ante nosotros. Sin embargo hablar de analogías sólo es una parte del discurso y práctica que suelo introducir, y ni siquiera es la analogía la parte más importante. Sobre esto prefiero por su mayor precisión hablar de *bio-learning*, bioaprendizaje, que es más exacto. Pues se trata de, como decía Antoni Gaudí, “buscar en la naturaleza la imagen del misterio y convertirla en arquitectura. Forjar la forma de la idea. Ser canal para que la Belleza sea el resplandor de la verdad, descubrir en las leyes del Universo todos sus secretos.” Esta es la auténtica cuestión, no la analogía o la mimesis, sino realmente el descubrir los secretos de las leyes del universo, de la naturaleza, y hacer de ellas arquitectura. Y esto cubre desde sus entendimientos y procesos hasta sus últimas formas finales y todos sus detalles.

3 SOBRE LAS ESTRATEGIAS PARAMÉTRICAS

J.A_ Algunas propuestas arquitectónicas, como por ejemplo el Parametricismo desarrollado por Z. Hadid y P. Schumacher, contempla la posibilidad de incorporar leyes procedentes de la naturaleza, pero también aspectos relacionados con la percepción, lo social ¿Qué opinas de este tipo de aproximaciones? ¿Crees que pueden ser una manera interesante de integrar los diferentes requerimientos de la arquitectura? ¿O simplemente desvirtúa búsquedas más rigurosas y comprometidas con las leyes de la naturaleza?

A.E_ Sobre desvirtuar o no búsquedas más rigurosas y comprometidas con las leyes de la naturaleza, sólo el ser humano pone “puertas al campo”. Mientras que en la naturaleza todo fluye, se funde y cambia constantemente, donde nada “desvirtúa” a nada. Y por cierto, sobre eso llamado “parametricismo”, ni Zaha Hadid ni Patrik Schumacher fueron ni los primeros ni los mejores en ello. Ni mucho menos fueron ni los primeros ni los mejores en desarrollar el contemplar la posibilidad de incorporar leyes procedentes de la naturaleza, ni tampoco aspectos relacionados con la percepción, lo social... Simplemente fueron los que mayor fortuna crítica han obtenido. De hecho, nada más empezar Patrik Schumacher a ser el apóstol del parametricismo, en el año 2009, le encargué a uno de los auténticos pioneros que escribiera “After parametrics”, pues cuando él llegó otros ya estaban de vuelta: Bernard Cache, “After parametrics”, en Alberto T. Estévez (Ed.), *Arquitecturas Genéticas III: nuevas técnicas biológicas y digitales*, ESARQ (UIC), Barcelona, 2009.

4 ARQUITECTURA BIODIGITAL Y SISTEMAS FORMALES

J.A_ La arquitectura “biodigital” conlleva necesariamente una estética organicista/orgánica (formas blandas, fluidas, etc.), o crees que las mismas leyes “naturales” pueden ser abstraídas y aplicadas sobre sistemas formales más convencionales (al estilo de lo que plantea Christopher Alexander en “The Nature of Order”)?

A.E_ De nuevo, es poco inteligente ponerle “puertas al campo”, como si hubiésemos agotado el saber y todo el conocimiento por descubrir. De hecho, cuanto más se sabe más se debe reconocer que lo que queda por saber es todavía más amplio. Así que puede decirse que la arquitectura “biodigital” no conlleva necesariamente nada.

5 SOSTENIBILIDAD Y ECOLOGÍA EN LAS ARQUITECTURAS GENÉTICAS

J.A_¿Puede ser sostenible/ecológica una vía de investigación que promueve la manipulación genética de la naturaleza? En el ámbito de la alimentación, por ejemplo, las posturas más ecológicas promueven la preservación de las técnicas de producción tradicionales, sin manipulaciones... ¿En cual de las dos tendencias deberíamos poner el foco a la hora de diseñar el futuro de nuestro hábitat? ¿Por qué?

A.E_ Supongo que a las sociedades nómadas recolectoras les debió parecer disparatado quedarse en un lugar a plantar semillas y esperar a que crecieran. Ahora entramos en la sociedad genética, nos guste o no... Y para entender mejor desde una perspectiva más objetiva y sin prejuicios eso que se ha dado por llamar “manipulación genética” puede leerse por ejemplo el “Manifiesto de la bioplasticidad” (Alberto T. Estévez, *Arquitectura Biodigital y Genética: escritos*, ESARQ (UIC), 2015). Así, entendido esto, puede considerarse que la genética y los procesos de lo que llamamos “vivo” tienen tales potencialidades que quizá sea la única manera de hacer este mundo realmente sostenible/ecológico. Todas estas cuestiones pueden leerse de manera más extendida y razonada en los escritos que he podido ir publicando desde el año 2000.

6 RETOS EN EL ÁMBITO DE LAS ARQUITECTURAS GENÉTICAS

J.A_¿Cuáles son los principales retos en el ámbito de las “Arquitecturas Genéticas” a corto y medio plazo? ¿Cuáles son los principales impedimentos/dificultades que se han encontrado en el desarrollo de esta vía de investigación?

A.E_¿Retos, a corto y medio plazo?: cubrir las necesidades básicas del ser humano de hábitat, luz y calor, que son las tareas propias del arquitecto, sólo que en este caso desde el ámbito de las “Arquitecturas Genéticas”. Cuando los principales impedimentos/dificultades que se han encontrado son simplemente los de financiación. Igualmente, todo esto se ve bien respondido por ejemplo en el libro Alberto T. Estévez, *Arquitectura Biodigital y Genética: escritos*, ESARQ (UIC), 2015.

BLOGRAFÍA

- Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Harvard University Press.
- Alexander, C. (1965). A City is not a Tree. *Design*(206), 46-55.
- Alexander, C. (1977). *A Pattern Language*. Oxford University Press.
- Alexander, C. (1979). *The Timeless Way of Building*. New York: Oxford University Press.
- Alexander, C. (1987). *A New Theory of Urban Design*. Oxford University Press.
- Alexander, C. (2002). *The Nature of Order, Book1: The Phenomenon of Life*. Center for Environmental Structure.
- Alexander, C. (2002b). *The Nature of Order, Book 2: The Process of Creating Life*. Center for Environmental Structure.
- Alexander, C. (2003). New Concepts in Complexity Theory arising from studies in the field of architecture. *Katarxis 3*.
- Alexander, C. (2004). *The nature of Order, Book 4: The Luminous Ground*. Routledge.
- Alexander, C. (2004b). Some sober reflections on the nature of architecture in our time. *Katarxis 3*.
- Alexander, C. (2005). Harmony-seeking Computations. A science of Non-Classical Dynamics Based on the Progressive Evolution of the Larger Whole. *The Grand Challenge in Non-Classical Computarion*. York, Reino Unido: Department of Computer Scienice at the University of York.
- Alexander, C. (2005b). *The Nature of Order, Book 3: A Vision of a Living World*. Center for Environmental Structure.
- Allen, P., & Sanglier, M. (1981). Urban evolution, self-organization, and decisionmaking. *Environment and Planning A*, 167-183.
- Allen, S. (2009). El complejo digital: diez años después. En L. Ortega, *La digitalización toma el mando* (pág. 159.168). GG.
- Al-Sayed, K. (2013). Synthetic Space Syntax. *Proceedings of the ninth International Space Syntax Symposium*. Seoul: Sejong University Press.
- Al-Sayed, K. (2014). Reconstructing Urban Complexity. *12th meeting - Confronting Urban Planning and Design with Complexity: Methods for Inevitable Transformation*. Manchester: AESOP.
- Al-Sayed, K., Turner, A., & Hanna, S. (2012). Generative Structures in Cities. *Proceedings: Eighth International Space Syntax Symposium*. Santiago de Chile: PUC.
- Al-Sayed, K., Turner, A., Hillier, B., Lida, S., & Penn, A. (2014). *Space Syntax Methodology*. Bartlett School of Architecture, UCL.
- Anderson, C. (2008). The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete. *Wired*.

- Aranda, B., & Lasch, C. (2005). *Pamphlet Architecture 27: Tooling*. Princeton Architectural Press.
- Arcaute, E., Hatna, E., Ferguson, P., Youn, H., Johansson, A., & Batty, M. (2015). Constructing cities, deconstructing scaling laws. *J. R. Soc. Interface*(12).
- Awtuch, A. (2009). Spatial Order and Security; Case Study of Two Housing Estates. *Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium*. Estocolmo.
- Ball, P. (2006). *Critical Mass. How one thing leads to another*. Farrar, Straus and Giroux.
- Balmond, C. (2002). *Informal*. Prestel.
- Banham, R. (2001). *Megaestructuras*. Gustavo Gili.
- Barabási, A.-L. (2014). *Linked*. Basic Books.
- Barthes, R. (1967). *Elements of Semiology*. Beacon Press.
- Batty, M. (2003). Agent-Based Pedestrian Modelling. *CASA Working Papers* 61.
- Batty, M. (2005). *Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals*. MIT Press.
- Batty, M. (2008). Generating Cities from the Bottom Up: using Complexity Theory for Effective Design. *Cluster*, 150-161.
- Batty, M. (2008b). The Size, Scale, and Shape of Cities. *Science*, 769-771.
- Batty, M. (2009). A Digital Breeder for Designing Cities. *AD*, 46-49.
- Batty, M. (2011). Building a Science of Cities. *CASA Working Papers*.
- Batty, M. (2011b). A Generic Framework for Computational Spatial Modelling. *CASA Working Papers* 166.
- Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. MIT Press.
- Batty, M., & Hudson-Smith, A. (2005). Imagining the Recursive City: Explorations in Urban Simulacra. *CASA Working paper* 98.
- Batty, M., & Longley, P. (1994). *Fractal Cities: a geometry of form and function*. Academic Press.
- Beauce, P., & Cache, B. (2004). Towards a non-standard mode of production. En FOA, *Phylogenesis: FOA's ark* (págs. 390-405). Barcelona: Actar.
- Bertalanffy, L. v. (1989). *Teoría General de los Sistemas*. Fondo de Cultura Económica.
- Bettencourt, L. (2013). What Kind of Problem a City Is. *SFI Working Paper*.
- Bettencourt, L., & West, G. (2010). A unified theory of urban living. *Science*, 912-913.
- Bollinger, K., Grohmann, M., & Tessmann, O. (2010). Structured Becoming. Evolutionary Processes in Design Engineering. *Architectural design, New Structuralism*, 34-39.
- Bruscato Portella, U. (2005). *De lo digital en Arquitectura*. Universitat Politècnica de Catalunya. Tesis Doctoral.
- Bucci, F., & Mulazzani, M. (2002). *Luigi Moretti: Works and Writings*. New York: Princeton Architectural Press.
- Bundy, A. (2007). Computational Thinking is Pervasive. *Journal of Scientific and Practical Computing*, 67-69.

- Capra, F. (2015). *La Trama de la Vida*. Barcelona: Anagrama.
- Carmo, M. (2016). Parametric Notations. *Architectural Design. Parametricism 2.0*, 24-29.
- Cominetti, R. (2012). Entrevista a Luis Bettencourt. Buscando la esencia de la estructura de las interrelaciones. *ISCI (Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería)*, 10-12.
- Costa, M. (2008). *Analogías Biológicas en la Arquitectura: del acercamiento biónico hacia los paradigmas de lo biológico*. Universitat Internacional de Catalunya. Tesis Doctoral.
- Crompton, D. (1963). City Synthesis. *Living Arts*(2).
- Cruz, P., & Machado, P. (2014). City Portraits and Caricatures. En D. Offenhuber, & C. Ratti, *Decoding the City. Urbanism in the Age of Big Data* (págs. 96-109). Birkhäuser.
- Davis, D. (2013). *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture*. Tesis Doctoral. RMIT University.
- De Landa, M. (2001). Filosofías del Diseño. El caso de los programas de modelado. *Verb Processing (Architectural Boogazine)*, 131-142.
- De Landa, M. (2002). Deleuze and the use of Genetic Algorithm in Architecture. *Architectural Design*, 72(1), 9-12.
- De Landa, M. (2010). *A Thousand Years of Nonlinear History*. @Manuel De Landa.
- De Landa, M. (2011). *Philosophy and Simulation. The Emergence of Synthetic Reason*. Continuum International Publishing Group.
- Deleuze, G., & Guattari, F. (1977). *Rizoma. Introducción*. Pre-Textos.
- Dollens, D. (2002). *De lo Digital a lo Analógico*. GG.
- Duany, A., & Falk, B. (2016). *Transect. A general Theory of Ecological Urbanism. Draft document*.
- Duany, A., Sorlien, S., & Wright, W. (2012). *Smart Code. version 9.2*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Dunn, N. (2012). *Proyecto y Construcción Digital en Arquitectura*. Blume.
- Dursun, P. (2007). Space Syntax in Architectural Design. *6th International Space Syntax Symposium*. Estambul.
- Echeverría, J. (1999). *Los Señores del Aire: Telépolis y el tercer Entorno*. Destino.
- Eisenman, P. (1970). From Object to Relationship: Casa del Fascio by Terragni. *Casabella*(344).
- Eisenman, P. (1992). Vision's Unfolding: Architecture in the Age of Electronic Media. *Domus*.
- Eisenman, P. (1999). *Diagram Diaries*. Universe Publishing.
- Estévez, A. (2006). *Arquitecturas Genéticas II*. Lumen.
- Estévez, A. (2009). *Arquitecturas Genéticas III*. Barcelona: Sites Books.
- Estévez, A. (2011). *International Conference Of Biodigital Architecture & Genetics*. Barcelona: ESARQ.
- Estévez, A. (2014). *2nd International Conference Of Biodigital Architecture & Genetics*. Barcelona: ESARQ.
- Estévez, A. (2015). *Biodigital Architecture & Genetics*. Barcelona: ESARQ.

- Faludi, A. (1972). The "Systems View" and Planning Theory. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7, 66-77.
- Forrester, J. (1971). *World Dynamics*. Wright-Allen Press.
- Forrester, J. (1971b). Counterintuitive Behavior of Social Systems. *Technology Review*.
- Fotheringham, S., Batty, M., & Longley, P. (1989). Urban growth and form: scaling, fractal geometry, and diffusion-limited aggregation. *Environment and Planning A*, 1447-1472.
- Frankhauser, P. (1998). The fractal approach. A new tool for the spatial analysis of urban agglomerations. *Population, an English selection*, 10^e année,, 205-240.
- Frazer, J. (1995). *An Evolutionary Architecture*. Architectural Association.
- Frazer, J. (2005). Computing without Computers. *Architectural Design*, 77(4), 54-61.
- Fuller, R. B. (1969). *Operating manual for Spaceship Earth*. Southern Illinois University Press.
- Fuller, R. B. (1969b). *50 Years Of The Design Science Revolution And The World Game. A Collection of Articles and Papers on Design*. Southern Illinois University.
- Garcia, R. (2006). *Sistemas Complejos*. Gedisa.
- Gausa, M. (2010). *OPEN: Espacio, Tiempo, Información*. Barcelona: Actar.
- Gibson, W. (1998). *Neuromante*. Minotauro.
- Gómez-Jáuregui, V. (2008). Estructuras Tensegríticas: Ingeniería y Arquitectura Novedosas. *Ingeniería Civil. Publicaciones CEDEX nº152*, 87-94.
- González V., W. (2002). Deleuze/Guattari: caos filosófico y control por el lenguaje. *Praxis Filosófica*.
- Grabow, S. (1983). *Christopher Alexander and the Search for a New Paradigm in Architecture*. London: Oriel Press.
- Greene, M., & Mora Vega, R. (2011). El proyecto urbano desde una visión sistémica. En M. Greene, J. Rosas, & L. Valenzuela, *Santiago Proyecto Urbano*. Santiago de Chile: ARQ ediciones.
- Greenfield, A., & Shepard, M. (2007). Urban Computing, and its discontents. *Situated Technologies Pamphlets 1*.
- Grillo, A. C. (2005). *La Arquitectura y la Naturaleza Compleja*. Universitat Internacional de Catalunya. Tesis Doctoral.
- Hanczyc, M. (2011). Structure and the synthesis of life. *AD Protocell*, 26-33.
- Hanson, B. (2004). Science, Voodoo science, and Architecture. *Katarxis 3*.
- Hanson, B. (2004b). A Conversation with Three Scientists:Physicist Philip Ball, biologist Brian Goodwinand mathematician Ian Stewart. *Katarxis 3*.
- Haque, U. (2007). The Architectural Relevance of Gordon Pask. *Architectural Design*, 77(4), 54-61.
- Hensel, M. (2010). Performance-oriented architecture:towards a biological paradigm for architectural design and the built environment. *FORMakademisk*, 36-56.
- Hensel, M. (2013). *Performance-Oriented Architecture*. Wiley.
- Hensel, M., & Menges, A. (2008). *AD "Versatility and Vicissitude"*. Wiley.

- Hensel, M., & Menges, A. (2008b). Designing Morpho-Ecologies. *Architectural Design, Versatility and Vicissitude*, 103-111.
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (2006). *AD Techniques and technologies in morphogenetic design*. Wiley-Academy.
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (2010). *Emergent Technologies and Design. Towards a biological paradigm for architecture*. Routledge.
- Hillier, B. (1996). *Space is the Machine: a Configurational Theory of Architecture*. Cambridge University Press.
- Hillier, B. (1999). The Hidden Geometry of Deformed Grids: or why space syntax works, when it looks as though it shouldn't. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 169-191.
- Hillier, B. (2002). A Theory Of The City As Object. *Proceedings Third International Space Syntax Symposium*. Atlanta.
- Hillier, B. (2009). Spatial Sustainability in Cities. Organic Patterns and Sustainable Forms. *Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium*. Estocolmo.
- Hillier, B. (2014). Space syntax as a theory as well as a method. *ISUF: 21st International Seminar on urban Form*. Oporto.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. Cambridge University Press.
- Hillier, B., & Iida, S. (2005). Network and psychological effects in urban movement. *Proceedings of Spatial Information Theory: International Conference, COSIT 2005* (págs. 475-490). Springer-Verlag.
- Hillier, B., & Penn, A. (2004). Rejoinder to Carlo Ratti. *Environment and Planning B. Planning and Design*, 501-511.
- Hillier, B., & Vaughan, L. (2007). The City as One Thing. *Progress in Planning*, 205-230.
- Hillier, B., Stonor, T., & Karimi, K. (2008). Using space syntax to regenerate the historic centre of Jeddah. *UIA World Congress: Tools for Governance*. Turin.
- Holland, J. (1995). *Hidden Order: How adaptation builds complexity*. Perseus Books.
- Jacobs, J. (1961). *Death and Life of great American Cities*. Vintage Books.
- Jameson, F. (1991). *Ensayos sobre el Postmodernismo*. Buenos Aires: Imago Mundi.
- Jencks, C. (1984). *El Lenguaje de la Arquitectura Postmoderna*. GG.
- Jencks, C. (1997). *The Architecture of the Jumping Universe. A polemic: how complexity science is changing architecture and culture*. Academy Editions.
- Jencks, C. (1998). New Science= New Architecture? *Architectural Design*, 67(9-10).
- Jencks, C. (2002). *The New Paradigm in Architecture*. Yale University Press.
- Jencks, C. (2004). The New Paradigm and The New Iconography. *New Science, New Urbanism, New Architecture?*, 46-61.
- Jencks, C. (2011). *The Universe in the Landscape: Landforms by Charles Jencks*. Frances Lincoln.
- Jencks, C. (2012). *The Story of Post Modernism. Five decades of the ironic, iconic and critical architecture*. Wiley.

- Jencks, C. (2016). Notopia: the Singapore paradox and the style of Generic Individualism. *Architectural Review*.
- Jencks, C. (2016b). Complexity and Contradiction in Architecture turns 50. *Architectural Record*.
- Jencks, C., & George, B. (1970). *Meaning in Architecture*. Barrie & Jenkins.
- Jiang, B., & Claramunt, C. (2002). Integration of Space Syntax into GIS: New perspectives for urban Morphology. *Transactions in GIS*, 295-309.
- Johansen, O. (1982). *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. Limusa.
- Johnson, S. (2003). *Sistemas Emergentes. O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Turner. Fondo de Cultura Económica.
- Jones, P., Vaughan, N., Cooke, P., & Sutcliffe, A. (2003). An energy and environmental prediction model for cities. En V. Bentivegna, P. Brandon, & P. Lombardi, *Evaluation of the Built Environment for Sustainability*. Taylor & Francis.
- Karimi, K., & Parham, E. (2012). An evidence informed approach to developing an adaptable regeneration programme for declining informal settlements. *Proceedings: Eighth International Space Syntax Symposium*. Santiago de Chile: PUC.
- Kotnik, T. (2010). Digital Design as Exploration of Computable Functions. *International Journal of Architectural Computing*, 8(1).
- Kuhn, T. S. (2010). *La estructura de las revoluciones científicas*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Lacasta Codorniu, M. (2010). *Geometría y Complejidad. La irrupción de un paradigma entre 1960 y 1973*. Universitat Internacional de Catalunya. Tesis Doctoral.
- Larsen, N. M. (2012). *Generative Algorithmic Techniques for Architectural Design*. Aarhus School of Architecture.
- Lawson, B. (2005). *How Designers Think*. Architectural Press / Elsevier.
- Leach, N. (2009). Swarm Urbanism. *Architectural Design, New Structuralism*, 56-63.
- Leach, N., Turnbull, D., & Williams, C. (2004). *Digital tectonics*. Wiley Academy.
- Lefebvre, H. (2013). *Lógica Formal, Lógica Dialéctica*. Siglo XXI España.
- Licklider, L. (1960). Man- Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics, HFE-1*, 4-11.
- Listerborn, C. (1999). Women's fear and space configuration. *Proceedings: 2 nd International Space Syntax Symposium*. Brasilia: Space Syntax.
- Llabres, E., & Rico, E. (2016). Relational Urban Models. *AD Parametricism 2.0*, 84-91.
- Lorenz, E. N. (1995). *La Esencia del Caos*. Debate.
- Luhman, N., & De Giorgi, R. (1993). *Teoría de la Sociedad*. Guadalajara: Iteso.
- Luhmann, N. (2006). *La sociedad de la sociedad*. Herder.
- Luhmann, N. (2007). *Sistemas Sociales*. Anthropos.
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. MIT Press.
- Lynn, G. (1999). *Animate Form*. Princeton Architectural Press.

- Lynn, G. (2008). *Gergg Lynn Form*. Rizzoli.
- Mark, E., Mark, E., Oxman, R., & Martens, B. (2001). The Ideal Computer Curriculum. *Architectural Information Management, 19th CAAD Conference Proceedings* (págs. 4-11). Helsinki: Penttila.
- Marshall, S. (2008). *City Planning, Design and Evolution*. Routledge.
- Marshall, S. (2009). *City Planning, Design and Evolution Concepts*. UCL.
- Maturana, H., & Varela, F. (1994). *De Máquinas y Seres Vivos, Autopoiesis: la organización de lo vivo*. Lumen.
- Medina, E. (2013). *Revolucionarios Cibernéticos*. LOM Ediciones.
- Mehaffy, M. (2004). New Science, New Urbanism, New Arhitecture? (pág. 87). Prince`s Foundation for the Built Environment.
- Mehaffy, M. (2004b). Review on Alexander's The Nature of Order. *Katarxis 3*.
- Mehaffy, M. (2004c). A conversation with Christopher Alexander. *Katarxis 3*.
- Mehaffy, M. (2008). Generative methods in urban design: a progress assestment. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 57-75.
- Mehaffy, M., & Salingaros, N. (2014). The biological basis of resilient cities. *The Ecologist*.
- Mehaffy, M., & Salingaros, N. (2015). *Design for a Living Planet: Settlement, Science, and the Human Future*. Sustasis Foundation.
- Mitchell, W. (1979). *Computer-aided Architectural Design*. Van Nostrand Reinhold.
- Mitchell, W. (1996). *City of Bits. Space, Place and the Infobahn*. MIT Press.
- Mitchell, W. (2005). *Placing Words. Symbols, Space and the City*. MIT Press.
- Moneo, R. (2004). *Inquietud teórica y estrategia proyectual en la obra de ocho arquitectos contemporáneos*. Actar.
- Montaner, J. M. (1999). *Arquitectura y Crítica*. Barcelona: GG.
- Montaner, J. M. (2000). *Después del Movimiento Moderno. Arquitctura de la segunda mitad del s.XX*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Montaner, J. M. (2009). *Sistemas Arquitectónicos Contemporáneos*. Barcelona: GG.
- Montaner, J. M. (2014). *Del diagrama a las experiencias, hacia una arquitctura de la acción*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Morin, E. (2004). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Gedisa.
- MVRDV. (1999). *Metacity, Datatown*. 010 Publisher.
- MVRDV. (2007). *Spacefighter: Evolutionary City Game*. Actar.
- Navarro Cid, J. (2001). *Las organizaciones como sistemas abiertos alejados del equilibrio*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- Negroponte, N. (1973). *The Architecture Machine*. MIT Press.
- Negroponte, N. (1996). *Being Digital*. Coronet Books.
- Neila González, J. (2004). *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Munilla-Leira.

- Netto, V. (2015). Reflections on space syntax as sociospatial theory. *Proceedings of the 10th International Space Syntax Symposium*. Londres.
- Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius Loci. Towards a Phenomenology of Architecture*. Rizzoli.
- Ortega, L. (2009). *La digitalización toma el mando*. GG.
- Oxman, N. (2010). Material Based Design Computation. *Tesis Doctoral MIT*.
- Oxman, R. (2006). Theory and Design in the First Digital Age. *Design Studies* (27), 229-265.
- Oxman, R., & Oxman, R. (2010). The New Structuralism. Design, engineering and architectural technologies. *Architectural Design, New Structuralism*, 15-23.
- Pask, G. (1969). The Architectural Relevance of Cybernetics. *Architectural Design*, 494-496.
- Penn, A. (2003). Space Syntax and Cognition-Or why the axial line? *Environment and Behaviour*, 30-65.
- Penn, A., & Turner, A. (2001). Space syntax based agent simulation. *1st International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics*. University of Duisburg, Germany: UCL Discovery.
- Penn, A., Hillier, B., Banister, D., & Xu, J. (1998). Configurational modelling of urban networks. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 59-84.
- Picon, A. (2004). La arquitectura y lo virtual. Hacia una nueva materialidad. En L. Ortega, *La digitalización toma el mando*. (págs. 67-84). Barcelona: GG.
- Portugali, J. (2000). *Self-Organization and the City*. Berlin: Springer-Verlag.
- Portugali, J. (2012). Complexity Theories of Cities: Achievements, Criticism and Potentials. En J. Portugali, H. Meyer, E. Stolk, & E. Tan, *Complexity Theories of Cities Have Come of Age* (págs. 47-66). Springer.
- Prigogine, I. (1996). *El fin de las certidumbres*. Taurus.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1984). *Order out of Chaos*. Alianza.
- Pumain, D. (2004). Scaling Laws and Urban Systems. *SFI Working Paper*.
- Ratti, C. (2004). Urban texture and space syntax:some inconsistencies. *Environment and Planning B. Planning and Design*.
- Ratti, C. (2004b). Rejoinder to Hillier and Penn. *Environment and Planning B: Planning and Design*.
- Ratti, C. (2005). The lineage of the line: space syntax parameters from the analysis of urban DEMs. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 547-566.
- Ratti, C., & Offenhuber, D. (2014). *Decoding the City*. Birkhauser-Verlag.
- Reynoso, C. (2006). *Complejidad y Caos. Una exploración antropológica*. SB.
- Reynoso, C. (2010). *Análisis y Diseño de la Ciudad Compleja*. SB.
- Rodríguez Zoya, L. (2010). *La Emergencia de la complejidad en la historia de la ciencia*.
Obtenido de <http://es.slideshare.net/comunidadcomplejidad/la-emergencia-de-la-complejidad-en-la-historia-de-la-ciencia>.
- Rodríguez Zoya, L. G., & Aguirre, J. L. (2011). Teorías de la Complejidad y Ciencias Sociales. Nuevas estrategias Epistemológicas y Metodológicas. *Revista de Ciencias Sociales y Jurídicas*.

- Rosnay, J. (1979). *The Macroscope: A new world scientific system by Joel de Rosnay*. Harper & Row.
- Rowe, C., & Koetter, F. (1984). *Collage City*. MIT Press.
- Rowe, C., & Slutzky, R. (1963). Transparency: Literal and Phenomenal. *Perspecta*, 8, 45-54.
- Sadler, S. (2005). *Archigram: Architecture without Architecture*. MIT Press.
- Sakamoto, T. (2008). *From Control to Design. Parametric/Algorithmic Architecture*. Actar.
- Salingaros, N. (2004). Design methods, emergence, and collective intelligence. *Katarxis* 3.
- Salingaros, N. (2004b). Charles Jencks and the New Paradigm in Architecture. En N. Salingaros, *Anti-Architecture y Deconstrucción* (págs. 23-33). Umbau-Verlag.
- Salingaros, N. (2005). *Principles of Urban Structure*. Techne Press.
- Salingaros, N. (2006). *A Theory of Architecture*. Umbau-Verlag.
- Salingaros, N. (2008). *Anti-Architecture and Deconstruction*. Intercollegiate Studies Institute.
- Salingaros, N. (2010). *P2P Urbanism*. Creative Commons/Umbau-Verlag.
- Salingaros, N. (2013). *Unified Architectural Theory*. Vajra Books.
- Sasaki, M. (2005). *Flux Structure*. Toto Publishers.
- Scellato, S., Cardillo, A., Latora, V., & Porta, S. (2006). The Backbone of a City. *The European Physical Journal B*, 221-225.
- Schumacher, P. (2006). The Sky-scraper revitalized: Differentiation, Interface, Navigation. *Zaha Hadid Exhibition Catalog*. New York: Guggenheim Museum Publications.
- Schumacher, P. (2008). Parametricism as Style - Parametricist Manifesto. *11th Architecture Biennale, Venice*. Venecia.
- Schumacher, P. (2009). Parametricism. *AD Digital Cities*, 14-23.
- Schumacher, P. (2010). *The Autopoiesis of Architecture I: A New Framework for Architecture*. Wiley.
- Schumacher, P. (2010b). The Meaning of MAXXI – Concepts, Ambitions, Achievements. En Z. H. Architects, & I. Baan, *Zaha Hadid Architects, MAXXI: Museum of XXI Century Arts*. New York: Rizzoli.
- Schumacher, P. (2012). *The Autopoiesis of Architecture II: A New Agenda for Architecture*. Wiley.
- Schumacher, P. (2014). The Congeniality of Architecture and Engineering. En S. Adriaenssens, P. Block, D. Veenendaal, & C. Williams, *Shell Structures for Architecture - Form Finding and Optimization*. New York: Routledge.
- Schumacher, P. (2014b). Tectonic Articulation - Making Engineering Logics Speak. *AD Future Details of Architecture*.
- Schumacher, P. (2014c). *The Instrumentality of Appearances in the Pursuit of a Legible Urban Order*. Tokyo: Global Architecture.
- Schumacher, P. (2015). The Historical Pertinence of Parametricism and the Prospect of a Free Market. En M. Poole, & M. Shvartzberg, *The Politics of Parametricism – Digital Technologies in Architecture*. New York: Bloomsbury Academic.

- Schumacher, P. (2015b). Fluid Totality – The dream of inhabiting a nature-like built environment. En Z. H. Architects, *Fluid Totality – Studio Zaha Hadid 2000-2015*. Basel: Birkhaeuser Verlag.
- Schumacher, P. (2016). Design Parameters to Parametric Design. En M. Kanaani, & D. Kopec, *The Routledge Companion for Architecture Design and Practice*. New York: Routledge.
- Schumacher, P. (2016b). Advancing Social Functionality via Agent Based Parametric Semiology. *AD Parametricism 2.0 – Rethinking Architecture's Agenda for the 21st*.
- Schumacher, P. (2016c). Introduction: Parametricism 2.0 - Gearing up to Impact the Global Built. *AD Parametricism 2.0 – Rethinking Architecture's Agenda for the 21st*.
- Schumacher, P. (2016d). Formalism and Formal Research. *ARKETIPO – International Review of Architecture and Building*.
- Schumacher, P. (2016e). Hegemonic Parametricism delivers a Market-based Urban Order. *AD Parametricism 2.0 - Rethinking Architecture's Agenda for the 21st*.
- Schumacher, P. (2016f). High Intensity Urban Order. *Cities to Megacities – Shaping Dense Vertical Urbanism, Proceedings of the CTBUH 2016 International Conference*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat.
- Seamon, D. (1994). The life of the place: A phenomenological commentary on Bill Hillier's theory of space syntax. *Nordic Journal of Architectural Research*, 35-48.
- Seamon, D. (2000). Concretizing Heidegger's Notion of Dwelling: The Contributions of Thomas Thiis-Eversen and Christopher Alexander. En *Building and Dwelling* (págs. 189-2002). New York: Waxmann.
- Seamon, D. (2007). Christopher Alexander and the Phenomenology of Wholeness. *Annual meeting of the Environmental Design Research Association*. Sacramento, CA.
- Seamon, D. (2016). Architecture and Phenomenology. www.academia.edu.
- Shen, G. (2002). Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 419- 437.
- Siegele, L., Townsend, A., Wladawsky- Berger, I., & Greenfield, A. (2013). *Smart Cities. Are Smart Cities an empty hype?* The Economist. Harvard Business School.
- Snooks, R. (2013). Behavioral Composites and Robotic Fabrication. *Design/Education: Proceedings of the 7th International Conference of the Association of Architecture Schools of Australasia* (págs. 44-61). RMIT University.
- Sokal, A., & Brickmont, J. (1999). *Imposturas Intelectuales*. Paidós Ibérica.
- Songel González, J. M. (2005). *Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart: una experiencia de sistematización en la búsqueda de la forma resistente*. Universitat Politècnica de Valencia. Tesis Doctoral.
- Songel, J. M. (2005). *Frei Otto y el Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart: una experiencia de sistematización en la búsqueda de la forma resistente*. Universitat Politècnica de Valencia. Tesis Doctoral.
- Songel, J. M. (2010). Frei Otto y el debate sobre la génesis de la forma arquitectónica". *EGA (revista de Expresión Gráfica Arquitectónica)*, 176-183.
- Spiller, N., & Armstrong, R. (2011). *AD Protocell*. Willey.
- Spuybroek, L. (2010). NOX Diagrams. *AD Reader. The Diagrams of Architecture*, 270-281.

- Steil, L., Hanson, B., Mehaffy, M., & Salingaros, N. (2004). Contrasting Concepts of Harmony in Architecture: The 1982 debate between Christopher Alexander and Peter Eisenman. *Katarxis 3: New Science, New Urbanism, New Architecture?*
- Stuart-Smith, R. (2013). Behavioural Matter (Material Conductual). *Revistarquis (revista de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Costa Rica)*, 2(4).
- Sunguroğlu, D. (2008). Complex Brick Assemblies. *AD "Versatility and Vicissitude"*, 65-73.
- Terzidis, K. (2006). *Algorithmic Architecture*. Routledge.
- Thompson, D. W. (1917). *On growth and form*. Cambridge University Press.
- Townsend, A. M. (2014). *Smart Cities. Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. Norton.
- Turner, A., Penn, A., & Hillier, B. (2005). Algorithmic definition of the axial map. *Environment and planning B: Planning and Design*, 425-444.
- Venturi, R. (2003). *Complejidad y Contradicción en la Arquitectura*. GG.
- Venturi, R., Scott Brown, D., & Izenour, S. (2013). *Aprendiendo de Las Vegas*. GG.
- Weaver, W. (1948). Science and Complexity. *American Scientist*, 536-644.
- Weinstock, M. (2008). Performance- Oriented Design. Precursors and Potentials. *AD Versatility and Vicissitude*, 48-53.
- West, G., & Brown, J. (2005). The origin of allometric scaling laws in biology from genomes to ecosystems: towards a quantitative unifying theory of biological structure and organization. *The Journal of Experimental Biology*, 1575-1592.
- West, G., Brown, J., & Enquist, B. (1997). A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology. *Science*(276), 122-126.
- Yuan, P. (2016). Parametric Regionalism. *AD Parametricism 2.0*, 92-99.

PÁGINAS WEB

www.andres.harris.cl

www.architecturaldigest.com

www.balmondstudio.com

www.bfi.org

www.big.dk

www.carlosreynoso.com

www.cerveraandpioz.com

www.cerveraandpioz.com

www.charlesjencks.com

www.complexcity.info

www.decanteddesign.com
www.dpz.com
www.eisenmanarchitects.com
www.emtech.aaschool.ac.uk
www.fondationlecorbusier.fr
www.freiotto.com
www.glform.com
www.grasshopper3d.com
www.guggenheim-bilbao.eus
www.herbertmatter.org
www.katarxis3.com
www.kokkugia.com
www.libeskind.com
www.library.stanford.edu
www.mit.edu
www.ocean-designresearch.net
www.patrikschumacher.com
www.patternlanguage.com
www.ptw.com.au
www.ptw.com.au
www.rae.es
www.rolandsnooks.com
www.rs-sdesign.com
www.sebbm.com
www.spacesyntax.com
www.stanford.edu
www.synthesis-dna.com
www.ucl.ac.uk
www.yonafriedman.com
www.youtube.com
www.zaha-hadid.com